المكتبة العلمية

الأرض

"لايف" المكتبة العلمية

الأرض

بقلم : آرثر سبيزر
ومحرري "لايف"

المترجم : د . محمد جمال الدين الفندي
رئيس قسم الفلك بجامعة القاهرة

مكتبة نرجس PDF
www.narjes-library.blogspot.com

كتب تايم - لايف

رئيس التحرير
مستلاستد ا . إيديدى

مدير النص
وليام جاى جولد

لله سير الفنى
إدوارد ا . هاملستون

رئيسة البحث
پياتريس ت . دوفى

هيئة تحرير كتاب "الارض"

رئيس التحرير مكتبة لايف العلمية : مستلاستدا . إيديدى

مساعدا المحرر جورج مالك كيو و جون مالك دونالد

محرر النص رتشارد ل . ولسيمز

رئيسة البحث مارشا ستيرلنر

على الغلاف

تاجج نتومات وادى (مونومنت) فى جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، وتتألق عند الغروب ، ولقد ولدتها قمم الصخور الصلبة، وحالت دون فنائها بفعل المياه التى تحفرها ، وكسحت الصخور الهشة نسبيا التى من حولها .

COPYRIGHTS 1970 BY TIME INC.
ORIGINAL ENGLISH LANGUAGE EDITION
COPYRIGHTS 1972 BY TIME INC.
ALL RIGHTS RESERVED.

فهـــــرس

مقـــدمـــة ٧

١ [redacted] ٩

٢ [redacted] ٣٥

٣ [redacted] ٥٧

٤ [redacted] ٨١

٥ [redacted] ١٠٥

٦ [redacted] ١٣١

٧ [redacted] ١٥٩

ملحـــق ١٨٥

التعريف بالكتب والمراجع .

جولة جيولوجية للولايات المتحدة . ١٨٦

شـــكر . ١٨٨

فهـــرس . ١٨٩

إن أغلب الصور التي نراها بوصفنا سكان سطح الأرض – مثل البحيرات ، والتلال ، وطاقيات الجليد ، والسهول ، والمستنقعات ، والصحاري – إنما صنعتها قوى جبارة غير مرئية . فهناك نظام يكاد يعجز المرء عن تصور مداه وعمره ، كون سطح الأرض ، وهو لا يزال يعمل على تغييره .

ولقد بدأت دراسة الأرض بصورة جدية ، عندما زاد التصنيع في العالم ، وزادت الحاجة الماسة إلى المعادن والمواد الخام ، وتمخضت علوم الأرض من هذا الابتداء العملي عن دراسة تاريخ الأرض ، ولكن لا يمكن الإلمام بقصة الأرض أو استيعابها عبر الأماد السحيقة ، من غير الاستعانة بتلك القطع البالية التي خلفتها الحياة في كل مكان من حولنا ، إذ تمدنا هذه المخلفات بمعلومات وفيرة عن تاريخ الأرض .

وفي هذا المجلد من مكتبة الطبيعة لمجلة (لايف) ، يبصرنا (آرثر بيزر) بشكل الأرض ، ويجعل شعور العالم الجيولوجي بسعادة الفهم ، ولذة الإدراك ، ينتقل بدوره إلى القارئ ، حين يصف الطريقة التي تكونت بها الصخور المتباينة ، وظهرت صور اليابس ، والبحار ، والقارات .

ويقص علينا الدكتور (بيزر) قصة نشوء الأرض منذ أن كانت في بادئ أمرها غازا في الفضاء ، ثم ماطرأ عليها من تغيرات مستمرة ، وإعادة بناء سطحها عبر الأجيال ، إلى نهايتها المقدرة بعد خمسة بلايين سنة منذ الآن .

ولقد عمد هيرو (لايف) إلى عمل نبذات مصورة لكل فصل من الأرض . ويستطيع القارئ أن يتبين من الرسم الملون ، والصور الفوتوغرافية العديدة الملونة ، حركة الأرض في الفضاء ، ومناظر القصر الطبيعية ، والوديان ، والثلاجات أو الأنهر الجليدية ، وفعل الرياح ، والمياه ، والثورانات البركانية على سطح الأرض ، مع لمحة سريعة خاطفة للكوكب المجاور .

كتب متن هذا الكتاب آرثر بيزر ، وقام بعمل النبذات المصورة دافيد هوسون ، وهارفي لوماس ، وديل براون ، وجاردنر ثوتن ، كما عاون في إخراج الكتاب ، كل من الأفراد وأقسام مؤسسة (تايم) الآتي بيانهم :

مارجريت بورك – هوايت ، وجون دومينيس ، وإيليوت إليزوفون ، وفرنر جورو ، وديمتري كيسيل ، وكارل مايدانس ، وجورج سلك ، ثم هوارد هنورك ، من هيئة (لايف) للتصوير . و دوريس أونيل رئيسة مكتبة (لايف) للصور ، ودونالد برمنجهام المختص بالأخبار العلمية (لتايم – لايف) ، وكتنت بكهام رئيس مجلس (تايم – لايف) المرجع التحريري .

بدأت الدراسة الجدية للأرض بازدياد التصنيع في العالم ، خصوصا بسبب الحاجة الماسة والمتزايدة للحصول على المادة الخام : الفحم ، زيت البترول ، المعادن ، مواد البناء ، ثم مصادر المياه . ومن هذا الابتداء السهل والحديث إلى حد كبير ، انبثقت علوم الأرض عن تاريخ خاص بها . وتكون هذه المعلومات ، وتلك الآراء في جملتها ، جزءا رئيسيا من الأساس العقلي لمفهومنا الحديث للطبيعة والتقدير الجمالي لها ، ومكان الإنسان فيها .

وليس هذا الكتاب مؤلفا علميا ، ولم يكن ذلك هو الغرض منه ، ومع ذلك فإن صوره الفاخرة الفنية ، ونصوصه الشيقة الأخاذة ، إنما تتحد لتكون في جملتها مقدمة رائعة عن الأرض ، ووسائلها بالنسبة لغير المتخصص الذي يرغب في أن « يقرأ هذا الكتاب الخاص بالأرض على حقيقتها » ، ومن ثم يرى بوضوح أكثر مجهود الإنسان المتواصل من أجل الكشف عن نظام ، ومعنى وجمال أكبر مدى عبر ذلك الغموض ، الذي يكتنف تفاصيل الحقيقة التي تكون العالم الطبيعي .

وقصة الأرض عبر آماد الزمن السحيقة قصة صعبة القراءة وسهلتها معا ، ولا يستطيع أحد أن يستوعبها على الوجه الأكمل ، ومع ذلك لن يخفق أحد في أن يثاب ويستفيد عندما يشاهد عن كثب بقايا التسجيلات المختفاة في كل مكان من حولنا . ومن أول البلاد إلى آخرها ، نجد ناكل صخرة تبرز على جانب الطريق ، أو في حديقة إحدى المدن ، كما نجد ناكل مظهر من مظاهر المناظر الطبيعية ، بالعديد من الأدلة على ذلك الأصل . فهذه الصخرة الكبيرة الصلدة ، وذلك الحجر الجيري الظاهر الذي يحتوي على آثار وبقايا عضوية متحجرة ، ووادي الغرين والطمي لهذا النهر ، وتلك السلسلة البعيدة من الجبال ، سوف نجدنا كلها بالوفير من المعلومات الخاصة بناحية من نواحي تاريخها . وما من شك أن الإجابة عن بعض الأسئلة التي قد تثار حول أصلها ، إنما يعني تحدي كل ما لدى المرء من مهارة وبراعة ، ولكن يظهر عندئذ معنى جانب كبير من الدليل والبرهان . ولكي يكون المرء على علم بكثير من الأسئلة المتعلقة بالطريقة التي تكونت بها الأرض ، وعلى بينة من أمر الزمن الجيولوجي ، عليه أن يضيف بعدا جديدا لعقله .

وعلوم الأرض لا تثبت على حال . فالوسائل الفنية التي يستخدمها العالم الجيولوجي ، وعالم الكيمياء الأرضية ، والكيمياء الحيوية ، وغيرهم من المتخصصين ، تطبق أكثر وأكثر على المشاكل القديمة الخاصة بتاريخ الصخور وشكل الأرض ، وعلى المشاكل الأكبر الخاصة بأصل الحياة ، وأسباب الجبال ، والقارات ، والمحيطات ، ومكان الأرض في المجموعة الشمسية والكون ، ومن ثم يتم كشف حقائق جديدة لها عجبا ، وعلاقات بين الحقائق لم تكن متوقعة ، بمعدل آخذ في التزايد ، وتفلو بعض المشاكل القديمة في طريقها إلى الحل ، ولو بقدر ضئيل على الأقل . والإنسان بحماسه الفطري ، وتطلعه للإدراك ، والفهم ، والنظام في كل شيء ، إنما يلقي الضوء على تاريخ تلك التسجيلات ، فتصبح قصة الأرض أكثر روعة ، وأعظم سحرا من عام إلى آخر ؟

وليم و . روب .
أستاذ الجيولوجيا والطبيعة الأرضية
جامعة كاليفورنيا
لوس أنجليس – كاليفورنيا

١ كوكب صغـير ولكنـه غير عادى

هذه رحلة إلى الأرض، تبدأ بعيدا من أعماق الكون الذى لاسبيل إلى قياسه ، داخل إحدى تجمعات المجرات المتزاحمة والمختلطة مع بعضها بعضا، بحيث تكون ما يسميه الفلكيون (مجموعة محلية) . وأحد أعضاء هذه الأسرة الكونية، الذى يتكون من عدد لا يحصى من النجوم ، يبدو على هيئة (عجلة كاترين) الرشيقة أو اللطيفة القد . ذلك هو الطريق اللبنى (أو طريق التبانة كما يسميه العرب أحيانا) ، وبالنسبة إلى المجرات الأخرى لا يعدو كونه من الحجم المعتدل المتوسط ، ورغم ذلك فإن أبعاده يكاد لا يدركها العقل ، إذ تبلغ المسافة من الحافة إلى الحافة عبر قرصه المضيء ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية ، أما سمك بروزه المركزى، فيصل إلى ٢٥,٠٠٠ سنة ضوئية . والسنة الضوئية الواحدة - التى يقطعها الضوء فى سنة - بسرعته البالغة ٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر فى الثانية الواحدة ، وهى تقدر بملايين الملايين من الكيلومترات .

وعلى مسافة نحو ثلثى الطريق اللبنى من مركز المجرة ، حيث تقل كثافة النجوم ، أو يقل عددها نسبيا ، هناك يضيء نجم عادى بلون مائل للصفار . ويتسع المجال من حوله للحركة ، لأن أقرب نجم يجاوره فى مجرة الطريق اللبنى يبعد عنه نحو ٤٠ مليون مليون كيلو متر . وهى مسافة تربو على أربع سنوات ضوئية .

ويقع النجم الذى يليه فى الجوار على بعد نحو ستين ضوئيتين إضافيتين . وهذا النجم الوحيد المنفرد الذى يتأجج من على بعد كبير ، فيبدو فى مثل وهن البراعة ، هو شمسنا . ومن بين أفراد أسرته التابعين له من كواكب ثانٍ وتدور بأمانة ، وتوابع ، وكويكبات . وشهب ونيازك ، ومذنبات ، هنالك زوج غريب ليس له مثيل (الثالث من حيث البعد عن الشمس) يتكون من الأرض وقمرها .

تصور البابليون الأرض على هيئة جبل أجوف يحمله البحر ويحيط به . وتقع مملكة الموتى المظلمة المترية داخل الأرض، وتعتبر القبة الزرقاء السماية من فوق الأرض ، وحلقاتها تحجب الشمس والقمر والنجوم .

ومثل الأرض مثل كوكب صغير يلازم نجما عاديا . يوجد فى أطراف مجرة من بين آلاف الملايين المجرات . وعندما نقترب من الأرض بهذه الطريقة مقتربين من أصقاع مشارف الفضاء اللانهائى . يكون من اليسير جدا تجنب أو تخطى بقعة كهذه تحت مستوى الملاحظة . باستثناء شئ واحد : من بين كل الأماكن ، من الجائز أن تنشئ تلك البقعة الحياة البشرية ، وتمكنا من الارتكاز عليها . والأرض هى ذلك المكان الوحيد الذى نعرفه على هذا النحو . وباطن الأرض ، وقشرتها ، وغلافها الجوى ، ومناخها ، وحتى سلوكها فى الفضاء ، كل هذا بالإضافة إلى بعض السجايا الأخرى ، سوف يتم اختبارها فى هذا الكتاب . وتكون فى مجموعها بيئة طبية تزدهر فيها الحياة . وعلى الأخص الحياة العاقلة المفكرة . وإلى أن يثبت العكس ، فإن الأرض هى أعجوبة الكون : فهى الكرة الوحيدة التى لها ، لا نهائية خاصة بها ، ابتداء من عالم الذرة الصاخب ، إلى العقل الذى لا حدود له ، وروح الإنسان ، ومع كل ذلك ربما تكون عجزة ، ولها دلالتها الخاصة فى النظام الكونى للأشياء .

وقبل أن يتوفر لدى الناس أى مفهوم حقيقى عن شكل أو حجم هذا الكوكب الذى عاشوا عليه — أما مفهومهم عن مكان هذا الكوكب المتواضع فى الكون ، فقد كان أقل بكثير — كانوا يشعرون فى قرارة أنفسهم أن كل وادى استوطنوه ، أو ميناء أسسوه ، أو سهل توفر لهم فيه حيوان الصيد فسكنوه ، هو بطريقة ما ، مركز هذا النظام الكونى بأسره . ففى اليونان القديمة كان المعتقد أن كل الآلهة تسكن جبلا متوسط القدر ، هو جبل (الأولمب) ، على بعد ٢٤٠ كيلو مترا من أثينا . وعلى الرغم من أن الصين احتلها البرابرة مرارا وتكرارا ، فقد احتفظت دائما بذلك اللقب الرفيع ، وهو الشعب الوسط . ومنذ بضع عشرات السنين ، كانت دعاية يوسطون بأنها سرة الكون لا تؤخذ إلا على محمل الجد . ومن وراء كل هذه الآراء . ومئات الآراء التى على شاكلتها نوع من المنطق ، فالطبيعى بعتبر أى شخص فى المركز بالنسبة إلى أفقه الدائرى ، وتعتبر أية دولة فى المركز بالنسبة إلى ما يجاورها ، والكرة الأرضية تراها أعين الناس كأنها مركز السماوات المحيطة بها . وقد مضى وقت طويل قبل أن يفكر أى إنسان فى حجم هذا الكوكب بصفة جدية . فارتفاع جبال القارات ، وانخفاض خنادق المحيطات ، كانت — ولا تزال — لها روعتها وعظمتها . على الرغم من أن البعد الرأسى الذى يفصل بين قمة جبل إفرست وقاع خندق ماريانا ، لا يزيد ، فى الاتجاه الأفقى ، على رحلة يوم مريحة على الأقدام .

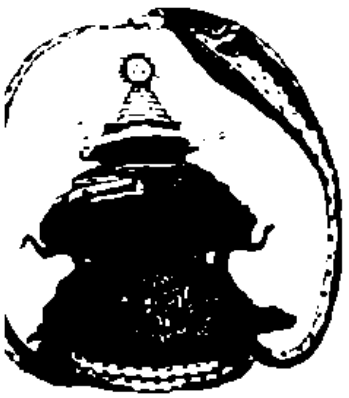
رأت مصر الأرض كأنها إله مضطجع ، تغطيه النباتات والسماوات ، كأنها أمة تنحنى فى لطف ورشاقة ، يمسكها فى الأعالى إله الهواء . ويقطع إله الشمس الذى يرى فى المركبين كل يوم مسافرا عبر السماوات إلى حيث ليل الأحوات .

وعلى الرغم من أن الفلاسفة الأوائل استنتجوا أن الأرض كرة ، فلم يسبق أن استخدم أحد الهندسة فى حل مسألة البعد الكلى للأرض ، حتى نحو عام ٢٥٠ قبل الميلاد ، عندما استخدمها الإغريقى السكندرى إراتوستنيس . ففى أسوان ، إحدى بلاد صعيد مصر التى تبعد مسافة ٥٠٠٠ ستاديا (نحو ٨٠٠ كيلو متر) جنوبى الإسكندرية ، كانت توجد بئر عميقة جافة ، وعرف إراتوستنيس أنه عند انتصاف النهار فى يوم المنقلب الصيفى (٢١ يونيو) ، تسقط أشعة الشمس مباشرة على طول محور البئر فتضئ القاع ، كما عرف أنه فى الإسكندرية فى نفس ذلك اليوم لا تتعامد الشمس وقت الظهر ، ولكن ترى ظلا يمكن قياسه . ونظرا لأن الشمس كمصدر للضوء إنما تبعد عنا بعدا كافيا ، وتكون أشعتها متوازية تقريبا ، فقد استخدم إراتوستنيس حسابا هندسيا بسيطا ليبرهن على أن الفرق فى الزاوية بين أسوان والإسكندرية ، يبلغ نحو جزء من خمسين جزء من الدائرة . وعلى ذلك فإن ٥٠٠٠ ستاديا عندما ضربت فى ٥٠ أعطت إراتوستنيس أول تقريب سليم عرفه التاريخ لمحيط الأرض . وعندما تحول الستاديا إلى كيلو مترات ، يتضح لنا أنه حصل على قيمة تعادل ٤٠٢٦٠ كيلو مترا لطول محيط الأرض . والقياس الحديث عند خط الاستواء

هو ٤٠١٠٢ كيلو مترا . أما قطر الأرض الذى حصل عليه فهو ١٢٨٨٢ كيلو مترا ، بينما التقدير الحديث لمتوسط قطرها هو ١٢٧٨٠ كيلو مترا .

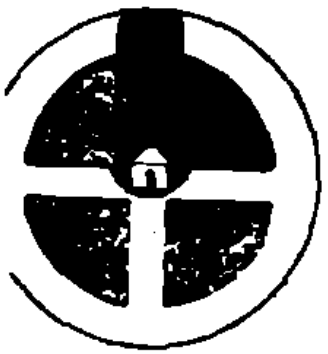
وما من شك أنه بمثل تلك القياسات الخشنة ، كانت إنجازات إراتوستينس لها روعتها ، (وعلى أساسها ذهب عالم هندسى إغريقى آخر بعيدا بحيث راح يحسب بعد القمر عن الأرض . وتوصل كذلك إلى نتائج دقيقة دقة تثير العجب) . وبطريقة ما أهملت فيما بعد القيمة السكندرية أو هى فقدت ، حتى إنه عندما أقلع كولمبس بعد ذلك بنحو ١٧٠٠ سنة متجها نحو الغرب حول العالم ليصل إلى جزر الهند الغربية ، كان مفهومه عن الأرض أصغر من ذلك بكثير . وعلى الرغم مما تقوله الأساطير الشعبية ، فإن كولمبس كان يعرف – كما كان يعرف أى ربان بحرى آخر فى ذلك الوقت – أن الأرض كرة ، ولكن الذى لم يكن يعرفه هو حجم الأرض الحقيقى . كما لم تكن القيمة التقريبية التى حصل عليها إراتوستينس ، قد استعيدت حتى عصر الملاحة حول الأرض فى القرن السادس عشر .

واليوم شكرا للقياسات الدقيقة التى أخذت فى أثناء السنة العالمية لطبيعيات الأرض (١٩٥٧–١٩٥٨)، فقد أصبحت معلوماتنا عن أبعاد الأرض وفيرة تماما . وما من شك أن الناس كانوا منذ زمن طويل ، قبل السنة العالمية لطبيعيات الأرض ، على بينة من أن الأرض ، رغم كونها كروية ، ليست صادقة التكوير . وحتى قبل إثبات هذه الحقيقة بالقياسات ، تكهن بها إسحق نيوتن من ناحية ، على أساس أن سرعة منطقة الأرض الاستوائية التى تزيد على ١٦٠٠ كيلو متر فى الساعة ، لابد أن تحدث قوة طاردة مركزية . ومن ناحية أخرى على الدليل المشاهد من بروز خط الاستواء فى كل من المشترى وزحل . ولقد أبدت الدراسات على الطبيعة إبان القرن الثامن عشر تكهن نيوتن بهذا ، فعند خط الاستواء ، تكون الأرض أكثر سمكا بمقدار ٤٣ كيلو مترا بالنسبة لسمكها من القطب إلى القطب . وحتى القياسات الأكثر دقة ، المعتمدة على تحركات القمر الصناعى الأمريكى – فانجارد ١ – الخاص بالسنة العالمية لطبيعيات الأرض ، دلت على أن البروز الاستوائى ليس متناسقا أو مماثلا تماما ، وأن أعلى نقطة (التى يزيد ارتفاعها بنحو ثمانية أمتار) إنما تقع غير بعيد جنوبى الخط الاستوائى الأوسط للأرض .



اختلف آراء الناس عن الأرض . ولكن استطاعت إحدى القبائل أن الأرض تحملها الفيلة التى يسبب تقلبها أو تبديلها حدوث الزلازل . وتقف الفيلة فوق سلحفاة . ويرتكز الإله لشنو على لعبان الكوبراء رمز الماء .

ولقد قادت هذه التهذيبات والتحسينات فى الرصد ، بعض الكتاب إلى نبذ وصف شكل الأرض التقليدى « ككرة مفرطحة القطبين » ، وأن يتلسوا بدلا عنه ، تلك التشبيهات التى على غرار (كمثرية الشكل) . وبالإضافة إلى ذلك فإن تسلط القياسات الرأسية بما يفوق تصور الإنسان بلوح أن له أثره . ولو أن كل أبعاد كوكبنا تقلصت دفعة واحدة ، بحيث نستطيع فحص كرة فى متناول اليد – قطرها مثلا نحو مترين – لما استطاعت العين البشرية تمييز الفرق ، على وجه التقريب نحو نصف سنتيمتر بين نصفى القطر القطبى والاستوائى . وفى نفس الوقت ، لا يبقى أثر لما تلاحظه العين رأسيا على الأرض . وأن طبقة رقيقة من الدهان أو الطلاء تكون أكثر سمكا عن متوسط ارتفاع القارات فوق سطح البحر . وأن منفذا فى مثل حجم الدبوس سوف يسير أو يجس تلك القشرة الأرضية الصورية عبر عمق أكبر وأعظم عمق يطمح الإنسان فى الوصول إليه بتدبيراته وخططه .



تخيلت حريطة العالم فى العصور الوسطى عن أنبه شيء بالقرص . وكان حرف (T) الذى يقسم هذا القرص إلى ثلاث قارات يمثل البحر المتوسط ، ونهر النيل ، والبحر الأحمر ، بينما تقع القدس فى المركز . وكان المخطط أن جنة عدن إنما تقع فى آسيا .

ومن الجائز أن يحصل الناس قريبا على منظر مثل هذا المقياس المصغر لكوكبهم ، عن طريق السفر فى المناطق القريبة من الفضاء . ولو حدث ذلك ، فإن مجرد منظر الأرض (وهى منكمشة (منفلصة) إلى مثل هذا الحجم ، قد يعوضنا عن أية خيبة أمل ناجمة عن تجاوز تعومة الكرة الحد . ومن الفضاء القريب ، تقدم الأرض منظرا مكتمل الألوان دائم التغير . وسوف يعطى وجه الأرض الذى تضيئه الشمس منظرا يميل للزرقة بصفة عامة ، بينما رفيقها فى الفضاء ، وهو القمر ، يعكس لونا أصفر .

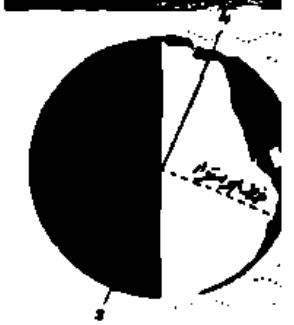
وسوف يستخدم اللون فى التفرقة بين قارات الأرض وحيطانها : سوف تظهر القارات بلون أحمر بنى خافت ، بينما تبدو المحيطات باللون الأزرق المخضر . وتميز ومضات الضوء التى تبهر البصر انعكاسات ضوء الشمس من الأسطح المائية .

وسوف يكون من اليسير تتبع الحادثات الجغرافية على الأرض . فالدورة السنوية للنبات تنعكس

ومن الضروري أن تكون السحب واضحة ، وهي في أغلب الأحيان منتظمة في خطوط طويلة تفصل بينها فترات ظاهرة . ومن طريق انسياب تلك السحب البيضاء عبر السطح ، يستطيع الراصد أن يتتبع كلا من سريان الرياح التجارية نحو الغرب ، وانتقال أنماط الطقس العظمى نحو الشرق في خطوط العرض الوسطى للأرض . وسوف تكون ملاحظة الظواهر الأخرى أكثر صعوبة . ولكن المنظار الفلكي الجيد يتيح فرصة مشاهدة أنوار المدن الكبرى أثناء الليل ، على أية حال . كما أن جهاز الالتقاط الراديوي الحساس ، يستطيع أن يظهر على الأقل أن جزءاً من مجموعات الإشارات أو الإذاعات اللاسلكية التي يرسلها أهل الأرض ، تخترق غطاء المناطق العليا من جو الأرض منطلقة إلى الفضاء .

وسوف تبرز الأجهزة الأخرى – التي على غرار ما أظهره القمر الصناعي « المستكشف » – حزمة الإشعاع الواسعة التي تشبه الفطائر ، والتي تضرب نطاقا حول الأرض . وفي أول الأمر كان الاعتقاد السائد أنها تتكون من حزامين أطلق عليهما أحزمة فان آلين ، ولكن حدث بعد ذلك أن أطلق على المنطقة من جديد اسم الماجنيتوسفير ، وهي ترتفع إلى سمك قدره نحو ٦٥٠٠٠ كيلو متر . والسبب في تكوينها هو مجال الأرض المغناطيسي ، الذي يتصيد ، ثم يحتبس الجسيمات المشحونة بالكهرباء المنطلقة من الشمس والمقبلة من الفضاء .

ومن نقطة تخيلية متميزة في الفضاء ، يستطيع الراصد أن يراقب كذلك الحركات المتباينة التي تقوم بها الأرض على الدوام . ومن أظهر تلك الحركات دوران الأرض اليومي حول محورها . وهذه الحركة هي المسئولة عن تعاقب النهار والليل اللذين يحدثان عندما يواجه كل مكان على الأرض الشمس أو لا يواجهها على التوالي . وأقل من هذه الحركة ظهورا دوران الأرض من حول الشمس مرة كل عام ، عبر مسار طوله نحو ٩٦٠٠ مليون كيلو متر . وتستغرق الأرض في قطعه على وجه التحديد ٣٦٥,٢٥ يوما ، وهذه الحركة هي المسئولة عن تعاقب الفصول . وليس المسار من حول الشمس دائرة صادقة ، ولكن على هيئة القطع الناقص (إهليلج) : وتبعا لهذا المسار ، يتغير متوسط بعد الأرض عن الشمس البالغ ١٤٩,٦ مليون كيلومتر ، بمقدار ٤.٩٩١.٠٠٠ كيلو متر على مدار العام . وعلى أية حال ، ليس لما يحدث من تغير بين الشتاء والصيف أي شأن بهذا التعاقب في الاقتراب والابتعاد من الشمس ، فإن المشاهد هو أنه خلال الشتاء بنصف الكرة الشمالي وصيف نصف الكرة الجنوبي ، تكون الأرض أقرب ما يمكن من الشمس .



وما من شك أن الذي يسبب تعاقب الفصول هو ميل محور الأرض . ففي أثناء سبح الأرض من حول الشمس خلال رحلتها السنوية ، يشير القطب الشمالي نحو الشمس في المنقلب الصيفي ، أي في نحو ٢٢ يونيو ، ولكنه يعود فيتجه بعيدا عن الشمس في المنقلب الشتائي . أي في نحو ٢٢ ديسمبر (زاوية الميل التي يشير لها القطب هي ٢٣½ درجة بالنسبة إلى مستوى فلك الأرض) . وبطبيعة الحال يصل القطب الجنوبي العكس تماما ، وهذا هو السر في أن الفصول في نصف الكرة الجنوبي تكون على عكس الفصول في الشمال . والعامل الذي يتحكم في درجات الحرارة في كل موسم على الأرض ، هو زاوية سقوط أشعة الشمس على سطح الأرض ، وليس المسافة التي تقطعها تلك الأشعة . فحزمة الأشعة التي تسقط رأسيا على أي سطح ، تعطي ضعف الطاقة على السنتيمتر المربع التي تعطيها حزمة الأشعة عندما تسقط بزاوية قدرها ٣٠ درجة . وفي كل من نصفي الكرة ، تقترب أشعة الشمس من حالة التساقط عموديا على السطح خلال فصل الصيف ، بينما تبلغ أعظم ميل لها في الشتاء .

وأقل وضوحا من مسار محور دوران الأرض ، الحقيقة التي تقول إن مركز مسار الكرة الأرضية من حول الشمس الذي على هيئة القطع الناقص ، ليس هو تماما مركز الأرض . وعلة ذلك أنه في أثناء سبحها من حول الشمس يكون تصرف الأرض والقمر كقرينين يلازم أحدهما الآخر بفعل

الجاذبية – على غرار مقبض الحديد المستعمل فى التمرينات الرياضية – الدمبلز –(الذى يتكون من كرة كبيرة فى أحد الطرفين، وأخرى صغيرة فى الطرف الآخر) . والذى يرسم القطع الناقص من حول الشمس هو مركز كتلة هذا المقبض غير المتجانس . وعلى الرغم من أن كتلة الأرض تزيد ٨٠ مرة على مقدار كتلة القمر ، فإن مركز كتلة مجموعة الأرض والقمر إنما يقع على بعد نحو ٤٨٠٠ كيلو متر بعيدا عن مركز الأرض الحقيقى . ولهذا السبب عندما يدور القمر حول الأرض كل شهر ، يرسم مركز الأرض منحنيا على هيئة حرف S ، بسعة تقرب من نحو ٩٦٠٠ كيلو متر على طول المسار الذى من حول الشمس .

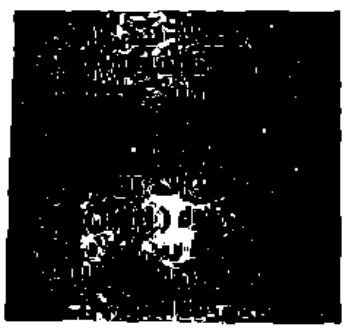
وثمة انحرافات أخرى تطرأ على مسار الأرض المتعرج، إلا أنها أصغر بكثير جدا عن سابقتها ، وهى ناجمة كذلك عن قوى الجاذبية . وفى هذه الحالة ، تنجم قوى الجاذبية عن الكواكب السيارة الأخرى . ومهما يكن من شئ ، لا قيمة لهذه الانحرافات تقريبا . لأنه على الرغم من أن كل الكواكب السيارة أكبر كتلة من القمر – ومعظمها أكبر بكثير جدا – إلا أنها فى نفس الوقت أبعد عن الأرض بمسافات أكبر .

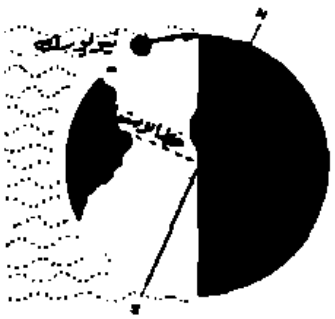
وكما أن حركة مسار الأرض من حول الشمس هى حركة متعرجة ، فكذلك حركة دورانها حول محورها ليست منتظمة تماما . ومرة أخرى نجد أن السبب الرئيسى فى عدم الانتظام على هذا النحو يرجع إلى القمر ، وبسبب جذبه لمحيطات الأرض ظاهرة المد والجزر ، بينما ينجم عن وزن المد عدم توازن بسيط فى دوران الأرض حول محورها . وفى نفس الوقت فإن تأثير جذب القمر على التوء الاستوائى للأرض . عندما يمر القمر أولا إلى جنوب وثانيا إلى شمال خط الاستواء ، يتسبب فى أن يترنح محور الأرض ترنح النحلة فى دورانها .

وقبل أن تتوفر لدى الإنسان يزمن طويل القياسات الدقيقة التى مكنة من ملاحظة بروز الأرض الاستوائى، كانت تلك الحركة قد لوحظت وتم قياسها . وفى عام ١٣٠ قبل الميلاد، وجد الفلكى الإغريقى هيبارخس بالحساب أن الشمس تكمل رحلتها السنوية من حول مجموعات نجوم البروج قبيل الربيع بقليل ، بحيث تصل إلى نقطة الاعتدال الربيعى أبعد قليلا تجاه الشرق (بنحو ٥٠ ثانية قوسية) كل عام . ولقد عرف هذا الفرق السنوى منذ ذلك الحين باسم ترنح الاعتداليين . وعلى الرغم من أن هذا الاسم (ترنح) هو اسم تقليدى ، إلا أنه ليس من المعتاد إغفاله . برغم أن الحركة تبلغ من البطء الحد الذى يجعلها تستغرق ٢٥٨٠٠ سنة لكى يتم محور الأرض دورة كاملة . وفى أثناء تلك المدة يرسم كل من القطبين الشمالى والجنوبى قاعدة مخروط فى الفضاء – تلتقى نقطتا الارتكاز أو رأس كل مخروط معا فى مركز الأرض– وينتهى نجم الشمال .

ومنذ نحو ٥٠٠٠ سنة مضت ،وجد الكهنة المصريون ،الذين كانوا يشتغلون بالفلك ،أن النجم الذى يقع أقرب ما يكون إلى الشمال هو ألفا التنين .وليس النجم الذى فى ذيل الدب الأصغر (النجم القطبى أو ألفا يورسا مينورس) الذى يستخدم اليوم على أنه نجم الشمال . وفى الوقت الحاضر تعمل الحركة المحورية ببطء على أن تقترب إشارة قطب الأرض الشمالى أكثر وأكثر من النجم القطبى . ولكن بعد مضى ١٣٠ سنة من الآن ، أى فى عام ٢١٠٠ ميلادية ، سوف يبدأ القطب فى الانحراف عن الدب الأصغر .حتى يصبح نجم الشمال الجديد فى عام ١٤٠٠٠ ميلادية هو النسر الواقع . ولو أن حضارة عبروا بحار الأرض بعد مضى ١٢ ألف سنة من الآن ، لكان لهم عذرهم لرضائهم بظاهرة ترنح الاعتداليين . لأن النسر الواقع هو ألمع نجم فى السماء الشمالية .ولكن فى عام ٢٨٠٠٠ ميلادية ، عندما يتم عمل دورة أخرى من ترنح الاعتداليين . يأخذ النجم القطبى دوره من جديد ليصبح نجم الشمال .

وتلعب قوى جذب الشمس كذلك دورها فى الترنح . وتتحد الشمس والقمر معاً لإحداث حركة هى (سادس) حركة للأرض . فنظراً لأن تلك الأجرام الكبرى تغير أوضاعها على الدوام بالنسبة إلى الأرض ، فإن القوى التى تستخدمها لكى تحدث الترنح ليست ثابتة على الإطلاق . وتكون النتيجة تودان أو تمايل بسيط لمحور الأرض يسمى (الميلان) المركب على حركة الترنح البسيطة . وهذه الحركة التمايلية





أسرع ، إلا أنها أقل قيمة وقدراً من الترنح : كل ١٨.٦ سنة – التي هي طول الدورة الكاملة لحركات القمر ذاته – يكمل محور للأرض ذبذبة من ذبذبات (الميلان) قوامها ٩.٢ ثانية قوسية ، أي نحو جزء من ٤٠٠ جزء من الدرجة .

ومثل هذا التتابع من الترنح ، والميلان ، والذبذبات ، واللاب ، يتضمن ما يمكن أن تعتبر حركات كافية تماماً لأي جرم . ومع ذلك فإن الأرض كعضو في المجموعة الشمسية تسهم في حركتين إضافيتين كذلك . في الحركة الصغرى منهما نجدها تتبع الشمس في رحلتها وهي تجري بسرعة ١٩.٣٢ كيلومتر في الثانية ، ضمن رحلة النجم الذاتية عبر سحابة نجومنا المحلية في الاتجاه العام للكوكبة الجاثي . أما في الحركة الأكبر ، فإن الأرض تتبع الشمس في رحلتها العظمى – اكتساحة كبرى (حولية) من حول قلب الطريق اللبني تستغرق من أجل إتمامها ٢٠٠ مليون سنة – وهي تبدو ظاهرياً كأنها حركة في خط مستقيم ، بمعدل قدره ٢٤٠ كيلو متراً في الثانية الواحدة تجاه كوكبة الدجاجة أو صليب الشمال .

وعلى الرغم من أن العلماء يستطيعون حساب زمن ومسافات مثل تلك الرحلات الكونية ، إلا أنهم يجدون صعوبة في التعبير عن حساباتهم هذه بألفاظ يمكن فهمها في ظل المقاييس والأبعاد الأرضية . فمن بين الحركات الأخرى التي تسهم فيها الأرض ، حركة الطريق اللبني بالنسبة إلى آلاف ملايين أخواته من المجرات التي ترصع هذا الكون ، وحتى الآن ثمة عبارة معقولة للتعبير عنها . فإن « مجرتنا التي نسكنها » تتحرك ولا شك ، ولكن لا يعرف أحد على وجه التحديد إلى أين تتجه ، وما هي سرعة تحركها .

وهناك مهمة أخرى يمكن أن تضطلع بها النقطة المميزة في الفضاء القريب ، وتلك أن تحمل الطبيعة غير العادية لتأثيرات جار الأرض ، أو القمر ، إلى موطنها . وبعض توابع الكواكب الخارجية الغازية العظمى الداخلة ضمن النظام الشمسي ، تناظر قمرنا حجماً أو تزيد عليه – قمر المشتري جانيميد ثلاثة أضعاف قمر الأرض – ولكن لا يوجد أي عضو آخر في كل المجموعة أو العائلة الشمسية ، له رفيق كبير بالنسبة إليه (لذلك العضو) مثل الأرض ، ويعتبر بعده عن الأرض مجرد قفزة ضفدعة . وعلى المستوى الكوني ، وعندما يصل القمر أكبر بعد له عن الأرض ، فإن مركزه يبعد عن مركز الأرض بمسافة لا تزيد على ٤٠٠ ألف كيلو متر . على أن للقمر قطراً يزيد على ربع طول قطر الأرض ، وأكثر من ثلثي طول قطر عطارد . وما من شك أن الفكر الحديث الخاص بتكوين المجموعة الشمسية يعتبر القمر كوكباً حقيقياً ، وهو إما أن يكون قد نشأ كتوأم قريب من نفس مادة الكون الخام التي تكونت منها الأرض ، وإما أنه تكون في مكان ما داخل نفس المنطقة العامة ، ثم أمسكته الأرض فيما بعد لتكون المجموعة المزدوجة الحالية .

ومن المتعذر أن ندرس تاريخ الأرض ككوكب من غير النظر فيما يتسنى معرفته من دراسة القمر : فهذا التوأم الأصغر يدور من حول الأرض في مسار على هيئة القطع الناقص مرة كل ٢٧ يوم ، وخلال كل دورة يلف كذلك حول محوره مرة كاملة تماماً ، بحيث لا يمكن لأهل الأرض أن يروا (ظهر) القمر . وفي الواقع ، لا يقتصر الأمر على مجرد ميل محور القمر بحيث نلمح على التوالي كلا من منطقتي قطبه الشمالي وقطبه الجنوبي ، بل إن شكله وحركته معاً غير منتظمتين إلى الحد الذي يكفي لجعله يترنح ويتمايل – تسمى هذه الظاهرة تودان القمر – بحيث يستطيع الراصد من على الأرض أن يصور ٥٩٪ من سطح القمر الكلي . وبينما يتألق وجه القمر المتجه إلى الأرض عندما تضيئه الشمس خلال اليوم القمري ، إذا به يضاء بإعتام وخفوت خلال الليل القمري بوساطة ضوء الشمس المنعكس من الأرض . ومن الموضوعات المثالية سواء للتصوير ، أو للرصد بالنظر ، إتمام تصوير سطح القمر المرئي بالتفصيل . وتستطيع المناظير الفلكية الجيدة أن تظهر الأجسام الصغيرة التي يصل طولها حدود ١٥٠٠ متر – وعلى الأخص في السنين الأخيرة – بعد تدقيق النظر والتمعن المستفيضين . ولقد أظهرت الصور الفوتوغرافية وجه القمر البعيد ، وأرسلت إلى الأرض بالراديو ، عن طريق الصاروخ الروسي لونيك ، فاتضح أنه يشبه تماماً وجه القمر القريب .

وإن منظر القمر الطبيعي الخالي من الهواء والماء ، إنما يتميز إلى حد بعيد بسهوله الواسعة المظلمة (كانت

خلال دورة قوامها ٢٦٠٠٠ سنة ، يرسم محور الأرض مخروطا من حول القطب البروجي (عموديا على مستوى فلك أو مسار الأرض) . ويميل ميلا كافيا بحيث يشير من نجم الشمال إلى نجوم أخرى عديدة . وتبين خريطة النجوم التي في أعلى كيف أن ألفا – الفنين (ا) كان هو نجم الشمال عام ٣٠٠٠ قبل الميلاد ، والنجم القطبي (ب) هو نجم الشمال في هذا العصر . وسوف يكون نجم الشمال هو النجم ألفا – القيفاوي (ج) في عام ٧٥٠٠ ميلادية ، ثم النسر الواقع (د) عام ١٤٠٠٠ ميلادية .

تظن بحاراً ، ومن ثم أطلق الفلكيون الأول عليها اسم البحار) . كما يتميز بقمم جباله المتشققة التي تبز أو تضاهي جبال الأرض ، وبآلاف الفوهات أو الشفاه (البركانية) الملفتة للنظر ، التي تمتد عبر نحو ٢٩٠ كيلومترا . وفي غياب غلاف جوي له قيمته بدورته المائية التي تلازمه ، فإن القمر لا يعرف نوع التعرية الذي يدأب بصفة مستمرة على تنعيم أو تعييد سطح الأرض . فمعالمه ومرتفعاته ذات الأطراف المدببة لا تعرف الصقل والتنعيم ، ولكن ما يحدث من حين إلى آخر من آثار النيازك ، والتجاعيد الموحشة ، بسبب دواعي التمدد والتقلص تحت تأثير حرارة النهار البالغة نقطة الغليان — نحو ٩٣ درجة سنتيجراد — وما يعقبه من زمهرير الليل حيث قد تهبط درجة الحرارة إلى ١٨٥ درجة سنتيجراد تحت الصفر .

ولكن ماذا تقول لنا مناظر سطح القمر الطبيعية عن الأرض ؟ لقد كان المعتقد أن تلك الصفوف المتراصة من الفوهات التي على القمر ، إنما تمثل تتابعاً طويل المدى من الثورانات البركانية العنيفة ، على النحو الذي كثيراً ما عرفته الأرض . ولكن يعتقد الآن معظم الطلاب أن تلك البؤرات أو الفتحات السطحية إنما نجمت عن ارتطامات نيازك قديمة . ويتبع هذا الرأي في السنين الأخيرة على الأرض ، أمكن ملاحظة الآثار التي كادت تختفي ، والتي نجمت عن ارتطامات جبارة مشابهة في الأرض . ولكن معرفتنا بالقمر تثير أسئلة أخرى غير ما يتعلق بمنظر سطحه الطبيعي . فنحن نعلم عن طريق تلك الأرصاد التي زودتنا بقيم أبعاده وكتلته ، أن كثافة القمر تقل عن كثافة الأرض بمقدار الثلث مكتملا . فلو أن هذين الجرمين تكونا في الأصل من نفس المادة ، فما الذي يفسر لنا هذا الاختلاف؟ ونظراً لأننا نستطيع أن نختبر ، وأن نزن المكونات المختلفة لتربة الأرض ، فإننا نعلم تماماً أن كثافة الجزء الداخلي لكوكبنا لابد أن تكون أعظم بكثير من كثافة مادة سطحه ، حتى يصبح المتوسط الكلي للكثافة مطابقاً للواقع . ولكن حتى الآن لا يعرف أحد وزن تراب القمر أو وزن صخوره ، أو كيف توزع الكثافات في داخل القمر . ومن تتبع خطوات برامج استكشاف القمر ، يبدو أنه من المحتمل ، حتى قبل وجود مستكشفين من البشر على القمر ، أن تتوفر التقارير الأولية التي يمكن دراستها وتمحيصها ، وربما عينات فعلية من مادة القمر لتحليلها على الأرض . وفي أثناء ذلك سوف يتم التعرف على حقائق أخرى تتصل بطبيعة المادة غير الأرضية أو الغريبة عن الأرض ، ومن ثم تتوفر المعلومات الخاصة بتاريخ كوكبنا .

وكان المعتقد إلى عهد قريب أن للومضات القصيرة من الضوء التي تشاهد في السماء أثناء الليل ، تلك التي تعرفها باسم الشهب ، علاقة بجو الأرض وبالطقس بصفة عامة (شهاب يعني ميتيور وأصلها الإغريقي يعني عالي في الهواء) . ولهذا الاعتقاد منطقه ، إلا أنه كان يقوم على الفرض الخاطئ القائل بأن حزمة أو مجموعة الشرارات التي تختلط بالجو ، كما هو ظاهر وواضح ، تنتج ما يعرف باسم الصواعق ؛ وفي واقع الأمر إن هي إلا أحجار منفردة ، أو في أغلب الأحايين ، آلات الإنسان البدائي الفجة من حجر الصوان المهمل . وكذلك فإن ومضات الشهب قد تصحبها أصوات رعدية ، مع تساقط شظايا من الحجارة أو الحديد لا سبيل إلى تمييزها أو ملاحظتها . وعلى الرغم من أن هذه الظواهر تحدث بقلة وندرة بالنسبة إلى العواصف الكهربائية ، فقد كان من الصعب إنكار التماثل الظاهر في ومضات الضوء ، وفي الوضوضاء التي تصاحب الحالتين وما يتبعهما من مواد . ولا تستتبع كل رخات الشهب ، كرات سماوية أو حجارة كبيرة — كما تسمى النيازك التي يصاحبها الضجيج والصخب وهي تنفت إلى شظايا — ولكن مع ذلك لا يصاحب الرعد كل حالات البرق .

وحتى بمفهومنا الحديث ، فإن مادة الشهب تتضمن لغة معقدة . ويقوم المتخصصون بوضع تفرقة فاصلة بين الشهب والنيازك (قطع المادة غير المحدودة) ، بصرف النظر عن الحجم أو التركيب ، التي تهيم في الفضاء ، فالشهب هي ومضات الضوء المرئية التي يحدث كل منها شهاباً عندما يسخن إلى درجة التوهج بسبب مروره خلال غلاف الأرض الجوي ، وأخيراً فإن النيازك هي القطع الملموسة المتدرجة من حجم الغبار إلى حجوم لها وزنها ، والتي تبقى بعد مرورها خلال المسار المشتهب لتصل إلى الأرض . وهذه الأخيرة هي العينات الوحيدة لمادة من خارج الأرض يمكن أن يدرسها الإنسان ، وربما تتم رحلات

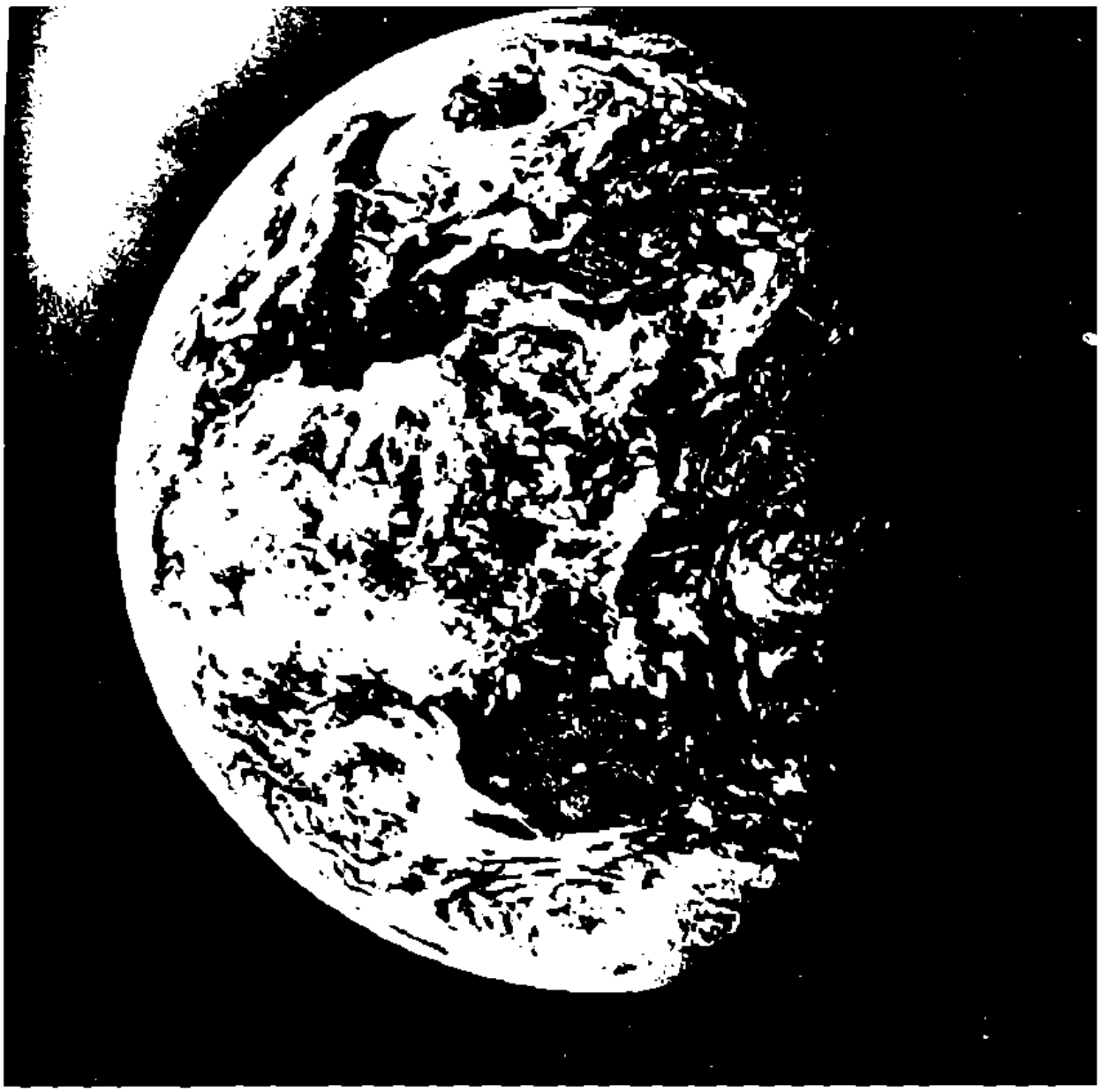
بالنسبة للفلكيين .

والنيازك ثلاثة أقسام عامة : الحدائد ، وهي مكونة من ٩٨٪ أو أكثر من الحديد والنيكل . والحدائد الحجرية . نصفها مكون تقريباً من الحديد والنيكل، والنصف الآخر من نوع من الصخر يعرف باسم (الأوليثين) . والقسم الثالث يشمل الحجارة . وتقسم الحجارة بدورها إلى أنواع تتوقف على ما إذا كانت تتضمن أجساماً دقيقة (أركندرولات) من المعادن، والأوليثين والپيروكسين والحجارة التي تحتويها — أكثر من ٩٠٪ من كل الحجارة النيزكية — تسمى الكندريت ، ويعرف العدد القليل من الحجارة التي تنقصها هذه المعادن باسم لاكندريت . وتمد كل هذه الأنواع وتزود أولئك الذين يحاولون إعادة بناء تاريخ الأرض بمفاهيم قيمة . وذلك لأن النيازك ليست مجرد أعضاء ضمن النظام الشمسي ، بل إن تقدير الزمن باستخدام النشاط الإشعاعي يدل على أنها في مثل عمر الأرض ذاتها .

وبصرف النظر عن بعض الرخات القليلة الملفتة للنظر التي استصحبت معها حدائد يصل وزنها قرابة ٢٧ طناً أو أكثر هوت في عنف إلى الأرض ، فإن مقادير عظيمة من غبار الشهب يتساقط من السماوات بصفة مستمرة . وتدل تقديرات ما يتراكم منها خلال العام على أنه يتراوح من بضعة آلاف إلى بضعة ملايين من الأطنان . ويتكون هذا الغبار من جسيمات يتراوح عرضها من نحو جزء من خمسة آلاف جزء، إلى جزء من خمسين جزء من السنتيمتر . ولقد تم العثور على غبار الشهب في كافة أرجاء الأرض . وقد يمكن استخراجه مغناطيسياً من ماء المطر المجموع بطريقة عشوائية . بل إنه توجد هناك نظرية مقنعة لها وجاهتها، تربط بين التغيرات الحالية في كميات المطر الكلي والتغيرات الطارئة على وصول غبار الشهب وإقباله على الأرض .

ولسوء الحظ لا تزودنا النيازك إلا بمعلومات قليلة عن النيازك التي يعتقد أنها أتجبتها . فقلما العديد من رخات الشهب إنما تحدث في المجاري أو المسارات التي لها كيان ووجود (وهي تسمى تبعاً للكوكبة أو مجموعة النجوم التي تظهر أنها تشع أو تنبثق منها ، مثل پرشاوش في أوائل أغسطس ، والجبار في أواخر أكتوبر) . والمعروف أن بعض هذه المسارات هي نفسها مسارات المذنبات السابقة — أجسام خارجة إذ أنها في الغالب أعظم سكان المجموعة الشمسية خروجاً أو بعداً عن الشمس . ومن الجائز إذاً أن نفترض أن كل رخات الشهب المتوالية ، إنما تمثل الأتربة التي تخلفت ضمن حطام المذنبات الماضية أو الحاضرة .

ولكن مادة المذنبات لا تأثير لها إلى حد بعيد . ومن المشكوك فيه أن « مخلفات المذنبات » تصل إلى سطح الأرض وهي في مثل صلابة النيازك . وعوضاً عن ذلك ، فإن الذي يمد عالم الأرض بمادة تهمه بصفة خاصة، هو تساقط النيازك المتفرقة . وتقول إحدى النظريات المألوفة إن تلك القطع هي حطام ما تبقى من تحلل جسم أو أكثر من جسم شبيه بالكواكب ، وربما كانت في البداية من أبرز أعضاء العائلة الشمسية . فحزام الكويكبات ، الذي يقع بصفة عامة بين مداري المريخ والمشتري ، كان يمكن أن يغدو مصدراً لا ينضب لمثل تلك القطع . وتحتوي النيازك الحجرية على بعض المعادن التي تشبه تلك التي في قشرة الأرض . والتركيب البلوري الذي يبدي في حديد النيازك ، كان يمكن بدوره أن يتكون خلال التبريد البطيء للمعدن المنصهر تحت ضغط عظيم ، وهو وضع يمكن تصوره على أبسط الحالات في الوسط الداخلي للكوكب . وأخيراً فإن الحديد الصخري يمكن أن يلائم المواصفات النظرية الخاصة بطبقة إحدى الكواكب، المكون نصفها من المعدن والنصف الآخر من الصخر ، وتقع بين لب الكوكب وقشرته. وتمنحنا النيازك التي تساقطت ولا تزال تتساقط على الأرض — والتي أصابت القمر في الماضي بما على سطحه من بثور — وتهبنا الآمال العذبة المغرية الخاصة بتركيب تلك الأجزاء الداخلية لكوكبنا، والتي تقع على الدوام بمنأى عن متناول أيدينا ، كما تمدنا بمفاتيح أصل الأرض .



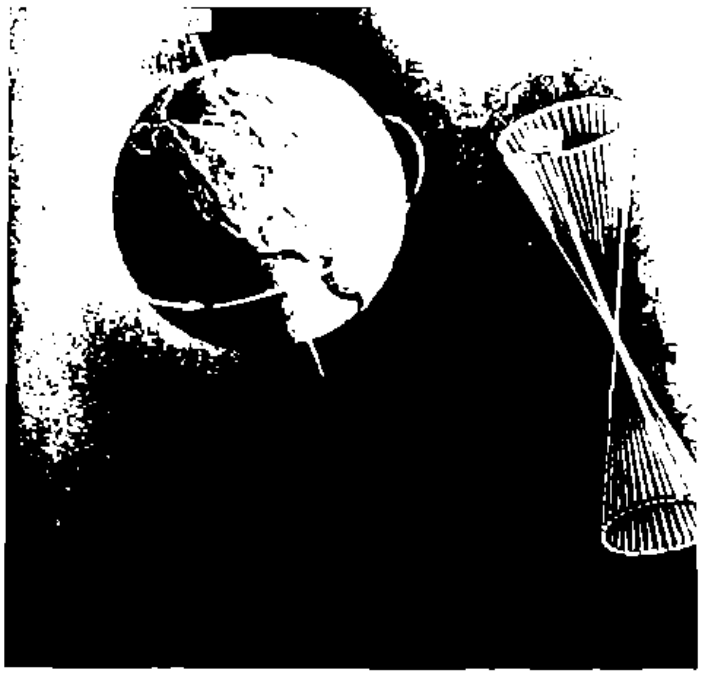
صورة الأرض على فيلم ملون وقد تفاوتت ألوان أجزائها المختلفة ، وهى تبدو كالكمثرى ، وتعكس ضوء الشمس

الأرض فى الفضـاء

إننا نعيش فى خداع بصرى . فكل الصور والمظاهر ، إنما تشير إلى أن أرضنا تتعلق جامدة فى السماء إلى حد كبير ، على النحو الذى تصفه أو توحى به الصورة الملونة أعلاه ، بينما يدور باقى الكون ويلف من حولها . ومع ذلك ، لدينا من الأدلة العلمية التى لا تحارى ، ما ينبئنا بأن ذلك ليس حقيقيا . فعالمنا يدور مسرعا فى الفضاء ، ساحبا معه القمر . وعلى الصفحات الآتية ، نتبين حركاته المعقدة ، وبعض ما ينجم عنها ، ويترتب عليها .

ترسم الأرض والقمر معا حركة دوران شاردة غير منتظمة، خلال رحلتها السنوية من حول الشمس . وتؤثر جاذبية الشمس على كل من الأرض والقمر معا ، كما لو كانا يكونان مارا على هيئة ازدواج من مقابض الحديد (دمبلز) . والذي يتحرك في قطع ناقص غير متمرج أو انسيابي (الخط المتقطع) ، هو مركز كتلة هذه المقابض بدلا من مركز الأرض .

أما مركز الأرض، فهو يتبع دائما مدارا كاملا (الخيط المنقوط) . ولا تتبع مجموعة الأرض والقمر معا نفس المسار تماما خلال السنين المتتالية، ففي كل دورة، تبدأ مسارا من موضع يقع نوعا ما في اتجاه مضاد لاتجاه عقارب الساعة، بالنسبة للموضع الذي سبقه (أسفل إلى اليمين) .



ضروطين (في الوسط) . وهذه الحركة التي تعرف باسم ترنح الاعتدالين ، ليست منتظمة تماما (ليست ملساء) ، نظرا لأن جذب الشمس والقمر معا ، يولد ظاهرة الميسان أو النودان ، ومعناها الحركة الطفيفة المترددة بين الإقدام والإحجام ، أو التقدم والتأخر (إلى اليمين) .

مسالك متشابكة في السماء

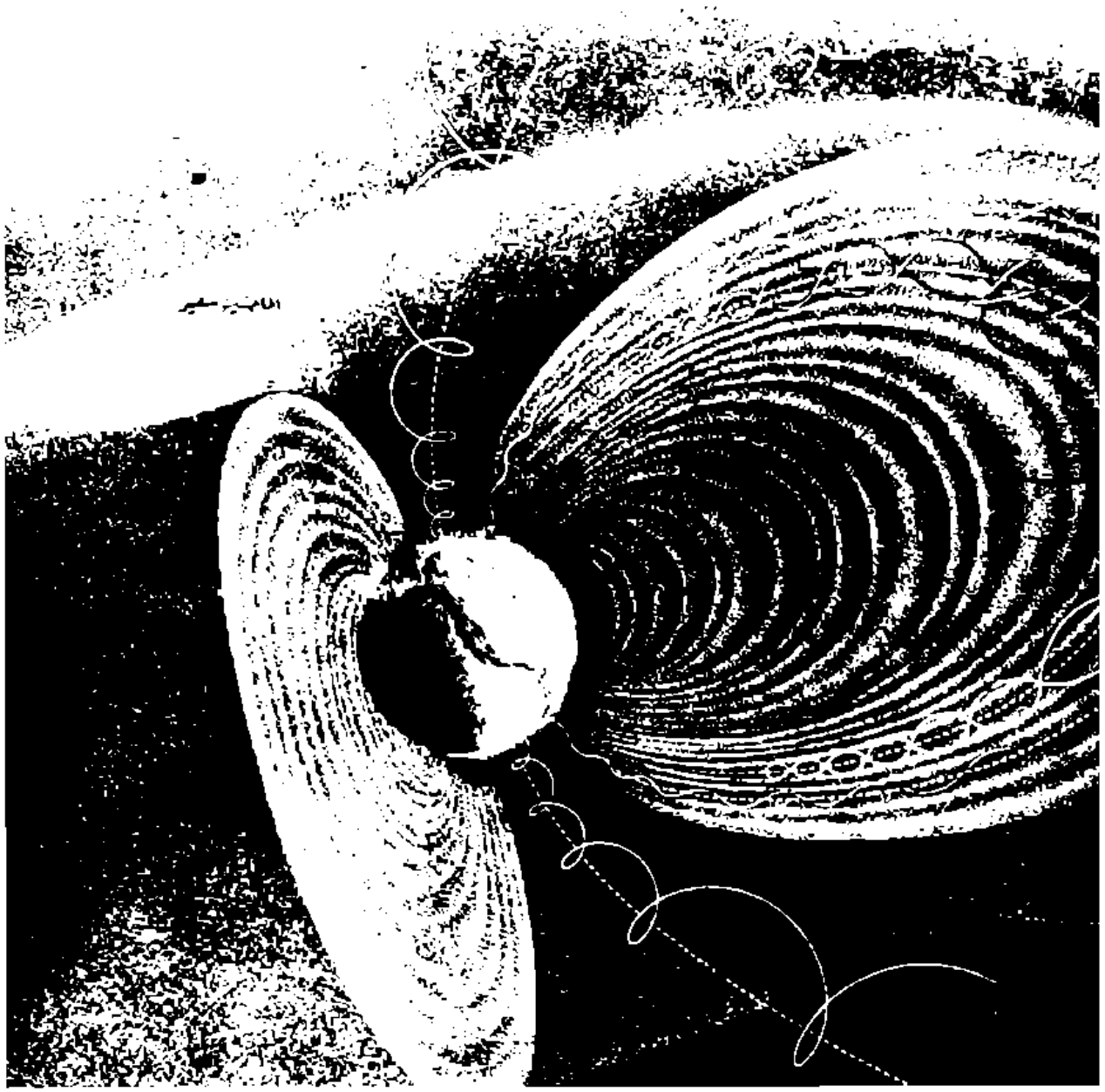
فصلت حركات الأرض الثلاث الممثلة على هذه الصفحات عن بعضها بعضاً بغية زيادة الوضوح . ولكنها تتم في الفضاء في آن واحد . بحيث تترتب كل حركة على الأخرى ، وتنطلق الأرض عبر مسارات معقدة إلى أقصى حد (حاول أن تحرك أصبعاً مع حركة محور الأرض في هذه الأشكال الثلاثة) . ويتم حدوث هذه الحركات المتداخلة بسرعات عجيبة . فنقطة على خط الاستواء للأرض، تدور مع الأرض بمعدل ١٦٨٠٠ كيلو متر في الساعة . وتسبح الأرض من حول الشمس بمعدل ١٧٧٠ كيلومتراً في الدقيقة . وتجري الشمس عبر الفرع بسرعة ٢٤٠ كيلو متراً في الثانية . والذي يؤثر على الحس البشري من بين هذه الحركات، حركتان فقط . فدوران الأرض يولد تتابع الليل والنهار . وسبحها من حول الشمس خلال سنة تزيد قليلا على ٣٦٥ يوماً ، هو أساس تقويمنا ، وعلة تغير الفصول ولو بصفة غير مباشرة .

تقوص الشمس في أعماق الفضاء، منطلقة مع مجرتها (تسمى المكبر) ، كما تدور مع ما يحيط بها من نجوم، على النحو الموضح بالسهم الصغير . وبسبب هاتين الحركتين، تنطلق الشمس عبر الشكل الحلزوني المرسوم في أسفل إلى اليمين .

تطوق الدنيا بطبقة غازية سمكها ٦٥٠٠٠ كيلومتر ، وهى طبقة المغناطيسية ، التى تشكل خطرا على المسافرين عبر الفضاء . ولكن بالنسبة إلى معظم الجنس البشرى ، فإنها علامة لزيادة التأكيد بأن الأرض فى مأمن

من الدنيا بإشعاع مهلك قتال . فهناك هبات من النوى والكهارب تنبثق بصفة مستمرة من الشمس، وترتطم بمجال الأرض المغناطيسى . والذى يمسك أغلب تلك الأشعة ويحتجزها هو المجال المغناطيسى ، حيث تروح

ومن بين أخطر المكتشفات التى لم تكن متوقعة تماماً فى مجال الأرض فى الفضاء ، ذلك الاكتشاف الذى أذهل دنيا العلوم عام ١٩٥٨ ، عندما أعلن الدكتور جيمس فان آلين ، رئيس جماعة البحث العلمى فى الولايات المتحدة الأمريكية ، أن الأقمار الصناعية الأمريكية المستكشف والراند ، قد عثرت على حزمتين عظيمتين من الإشعاع



منطلقة إلى الخلف وإلى الأمام في مسارات لولبية ، تمتد على طول خطوط القوى ، من غير أن تصل الأرض على الإطلاق . وحيث تخترق جو الأرض فعلا بالقرب من القطبين المغناطيسيين ، تعمل على إثارة جزيئات الهواء ،

المحتبس على ارتفاعات شاهقة فوق السطح ، داخل مجال الأرض المغناطيسي . ولقد أطلق عليها في أول الأمر اسم أحزمة فان آلين الإشعاعية ، تيمناً لمكتشفها . ولكن أرصاد الأقمار الحديثة برهنت على عدم وجود حزامين متميزين ، بل يوجد حزام كبير ، يبدأ من على ارتفاع نحو ١٠,٠٠٠ كيلو متر ، لكي يتوقف فجأة تقريباً

تتولد الشفير القطبي المتوهج . وهناك أدلة كونية ضعيفة للغاية من الفضاء، يتعرف أغلبها مباشرة بوساطة الماجنيتوسفير ، إلا أن الأشعة الأكثر، تسطع في غير هوادة إلى الأرض .

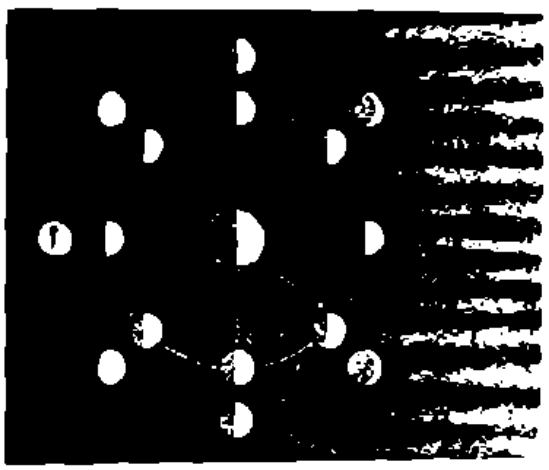
على ارتفاع ٦٥,٠٠٠ كيلو متر عبر الفضاء الكوني . وتسمى هذه الحزمة الوحيدة التي على هيئة القطائر باسم الماجنيتوسفير . وعلى ذلك، فإن الرحلات التي تتوقف عبر الماجنيتوسفير يمكن أن تقتل الإنسان. وكل مسارات الفضاء التي سلكها الملاحون الكونيون الأول كانت تحت الإشعاع . وعلى أية حال، فإن التحليقات الصاروخية السريعة خلال تلك الحزمة إلى القمر أو الكواكب ، يمكن أن تتم بسلام .

القمر القوى المتقلب

لا يعطى القمر نوراً من عنده (ذاتياً) ، لكنه يعكس ضوء الشمس ويوميضها . وهو فى أثناء تحركه فى فلكه من حول الأرض ، يعرض لنا جانباً واحداً فقط ، وللقمر عدة أوجه ، فيكون هلالا ، أى فى الربع الأول ، فقمراً محدباً – أى ثلاثة أرباع – وأخيراً يصل إلى بهائه وروئه الكامل عندما يكتمل بدراً

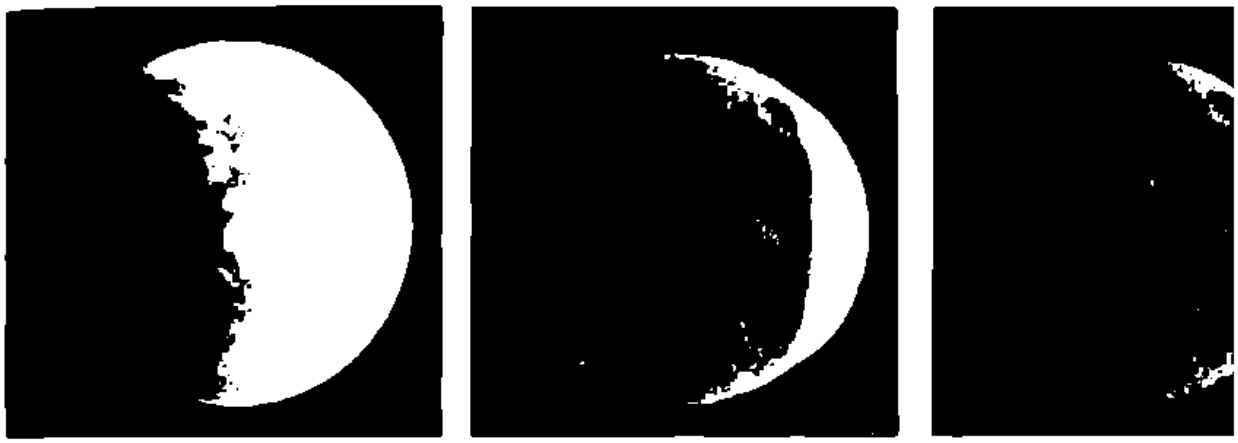
وبالنسبة للأقدمين ، بدا القمر المتغير كأنما هو كائن حى ، ينمو حجمه ، ثم يتضاءل ويتناقص ، ثم يموت . ولهذا رأوا أنه من المعقول أو المقبول أن زيادته وتناقصه هذا يمكن أن يؤثر على الكائنات الحية التى على الأرض . وكلما تزايد القمر ، كانوا يبذرون البذور فى الأرض لكى تنمو قوية ، وكانت الأشجار تقطع خلال تناقص القمر ، عندما يبلغ نهاية ضعفه .

ولقد تبددت مثل تلك التأثيرات القمرية كلها الآن ، واعتبرت من الخرافات ، ولكن بقى للقمر تأثيره الفعال القوى على الأرض . وعلى الرغم من أن قطره يبلغ ٣٤٧٨ كيلو متراً فقط ، كما تبلغ كتلته جزءاً من ثمانين جزءاً من كتلة الأرض ، فإنه يبلغ من القرب – نحو ٣٨٥٠٠٠ كيلو متر – درجة تجعل قوى جذبه ذات أثر عظيم ، فالمحيطات ترتفع لتكون المد . وحتى القشرة اليابسة لا تخلو من التأثيرات ، فقارة أمريكا الشمالية قد ترتفع بمقدار خمسة عشر سنتيمتراً عندما يتوسط القمر سمادها .



أوجه القمر : تحدث بسبب الفروق فى مقدار ما تضيئه الشمس من سطحه كما نراه من على الأرض (الدائرة الخارجية) . وفى واقع الأمر ، يكون نصف القمر مظلما على الدوام (الدائرة الداخلية) ، إلا أن الزاوية التى يرى بها هذا النصف المظلم من على الأرض تتغير بصفة مستمرة (الخطوط المنقوطة) ، فنحظى لرأ مكتملا أو بدرا عند « أ » ، ولرا جديدا أو « هلالا » عند « ب » .

كرة مضيئة ، القمر يشرق فوق إحدى بحيرات بالماريا (على الصفحة المقابلة) ، وقد أوشك أن يصير بدرا . تبلغ شدة إضاءة البدر جزءا واحدا من ٥٠٠٠٠ جزء من شدة إضاءة الشمس وقت الظهر ، حتى فى حالات أنقى الأجواء وأصفاها .

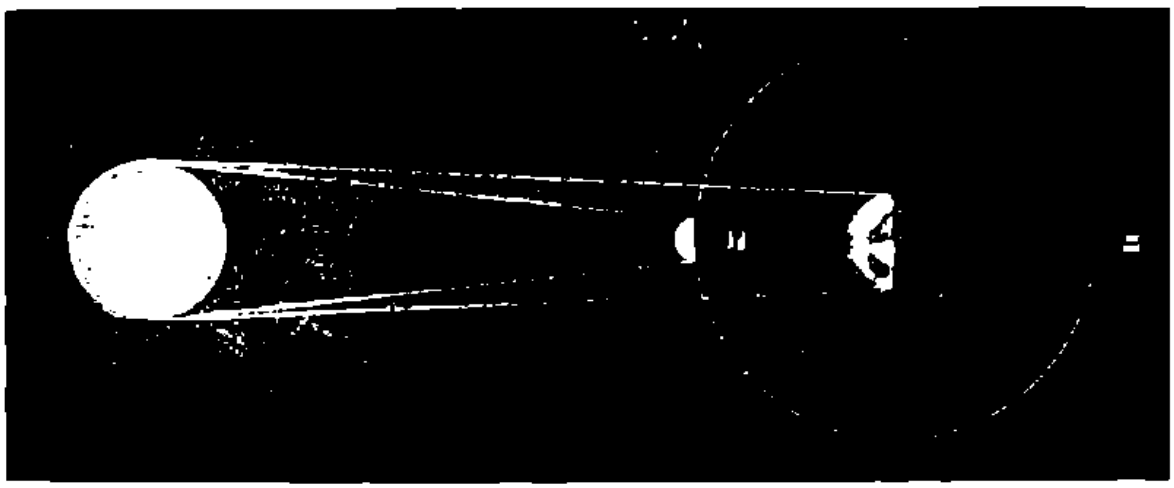


فى حالة خسوف القمر ، يمر ضوء الأرض الكهرمانى اللون سطح القمر (فى اليسار والوسط) حتى يكاد يغطيه (فى اليمين) .

ربما اعتبر الكسوف والخسوف أكثر الظواهر الطبيعية كلها إثارة للخوف . فعندما يحدث الكسوف والخسوف ، يضعف أو يتعدم فجأة ضوء الشمس أو القمر الذى نعتمد عليه فى الأرض ، فيترك ما عليها من مخلوقات فى مشغة وسط حالة من الإظلام لم يألفوها . وكما يتضح من الأشكال التى فى أسفل ، يحدث كسوف الشمس عندما يمر القمر مباشرة بين الشمس والأرض ، بينما خسوف القمر يحدث عندما يدخل القمر فى ظل الأرض . وليست مثل هذه التنظيمات أو التشكيلات فى الفضاء نادرة بالمعنى الصحيح . ففى كل سنة ، يحدث على الأقل كسوفان للشمس ، وقد يزداد عددها إلى خمسة ، ولو أن أغلبها كسوف جزئى ، لا يغطى فيه أى جزء صغير من سطح الشمس .

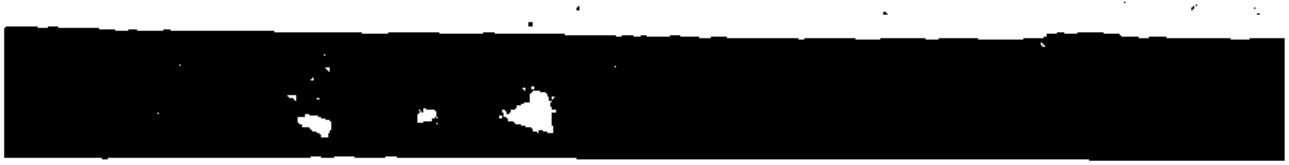
أما خسوف القمر ، فهو يحدث كذلك بنفس المعدل ، ويمكن مشاهدته من فوق مساحات أوسع ، على الرغم من أن بعض حالات الخسوف تبلغ من الوهن والضعف الحد الذى يجعلها لا تلاحظ إلا بوساطة الأجهزة والمعدات .

وعندما يبدأ كسوف شمسى ، على غرار ما يرى على الصفحة المقابلة ، يظهر حز مظلم على الحافة الغربية للشمس ، وسريعاً ما يزيد القمر هذا الحز المظلم اتساعاً داخل قرص الشمس . وعندما يتناقص وجه الشمس ، يغطى المنظر الطبيعى على الأرض ضوء غسق عجيب . ومن البداية إلى النهاية قد يستغرق الكسوف أربع ساعات ، إلا أن ذروة الإظلام قلما تستغرق أكثر من تسع دقائق .

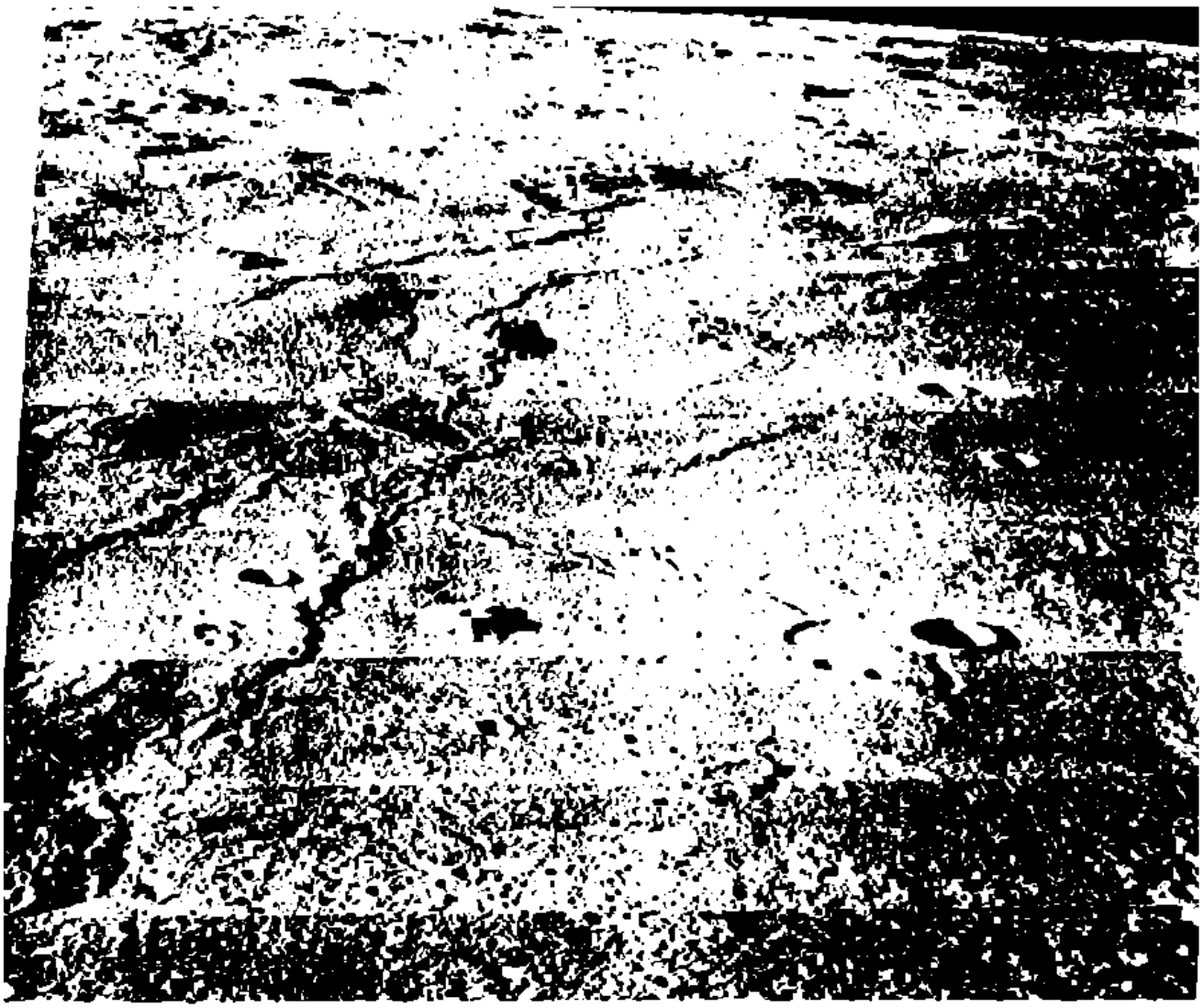


يبين هذا الشكل نوعين من الكسوف والخسوف ، كسوف الشمس وخسوف القمر ، عندما يكون القمر فى النقطة « أ » من مساره ، تكسف الشمس عن تلك الأجزاء من الأرض التى تسقط عليها أقل مخروط ظل القمر .

وعندما يكون القمر عند النقطة « ب » ، يقع فى ظل الأرض فيحدث الخسوف . وفى كلتا الحالتين ، يجب أن تكون الأجرام الثلاثة على خط مستقيم .



في وسط كسوف منظر، يكاد يختفي وجه الشمس من وراء قرص القمر المظلم ، وهذا كسوف مستدير . وهو يوصف بهذا الاسم ، نظرا لأنه ترى حلقة أو دائرة من ضوء الشمس من حول حافة القمر . أما في الكسوف الكلي ، عندما يكون القمر قريبا من الأرض، تحجب الشمس كلها . ولقد تم التقاط هذه الصورة في صحراء شمال أريزونا في ديسمبر عام ١٩٥٥ .



يبين هذا الرسم فوهات بركانية قريبة متعددة ، كما تبدو للمكتشف على القمر. ويلاحظ أن أرضية

صورة طبيعية للقمر الكئيب

من خلال أكبر تلسكوب على الأرض ، عاكسه القوى حوالى مترين ، والمقام فى مونت پالومار بكاليفورنيا ، يبدو سطح القمر على بعد ٣٢٠ كيلو متراً . ومن خلال مثل هذه المسافة ، يمكن رؤية الأشياء التى لا تجاوز أبنية مدينة متلاصقة . وفى المشهد التلسكوبى ، فإن أكثر حمات سطح القمر إثارة يتمثل فى فوهاته البركانية . وقد أمكن تسجيل أكثر من ٣٠,٠٠٠ فوهة بركانية ، يتراوح قطرها ما بين كيلو متر ونصف ، و٣٠٠ كيلومتر تقريباً . ويظن بعض العلماء أنها بركانية ، وقد قدم أحد الفلكيين الروس تقريراً ضمنه أنه شاهد تفاعلات بركانية فى الفوهة البركانية المسماة ألفونسس (الصورة المقابلة) . بينما تعزو نظرية أكثر قبولا ، الفوهات البركانية الكبيرة ، إلى وابل النيازك الضخمة المتساقطة منذ أكثر من أربعة آلاف مليون سنة .

بة . ولقد التقط هذا المنظر بالاستعانة بمسبار جبارة من الأرض ، وبطريقة سهلة .

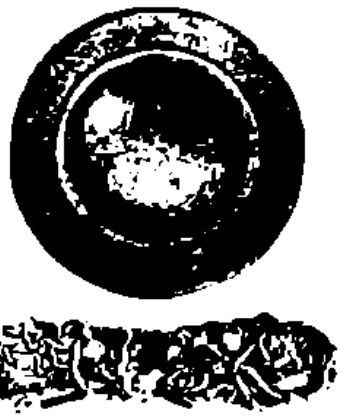
هذه الصورة المختارة هي من أوضح الصور للقمر التي التقطت حتى الآن وتمثل جزءاً من الوجه الكبير على سطح القمر .

عندما راح الفلكيون يمعنون النظر بالعين المجردة أو بالمقراب ، يقارنون ، يلاحظونه خلال المناظير الفلكية التي اطرد تحسينها ، ويدرسون الصور المخططة والمخرجة التي تلتقطها آلات التصوير التليفزيونى التي تحملها الصواريخ ، استطاعوا أن يجمعوا وأن يصنفوا مصوراً جغرافياً للقمر . وعلى الرغم من أن القمر يواجه الأرض دائماً بجانب واحد ، فإنه يمكننا أن نرى أكثر من نصف سطح القمر ، بسبب تودان القمر وتمايله قليلا ، بحيث يسمح باستراق بعض لمحات لجزء من جانبه البعيد . ومنذ زمن طويل ، تمت تسمية معالم وجه القمر القريب التي أمكن تمييزها ، واستخدمت في سبيل ذلك بصفة عامة — ألفاظ لاتينية تقليدية ، أو أسماء بعض العلماء أو الفلاسفة المشهورين. ولقد تم الكشف عن معظم معالم باقي القمر بصورة فوتوغرافية ، التقطتها سفينة فضاء سوفييتية قمرية ، وبذلك تمت إضافة عدة أسماء جديدة إلى خريطة القمر ، بعضها مستمد من أحدث الأصداء السياسية .

الجانب المألوف من القمر : ولقد تم تصويره فوتوغرافيا بتفصيل كبير . وتظهر في الصورة الجبال والفوهات البركانية ، بعرض لا يزيد عل

كيلومتر . أما الجانب البعيد للقمر ، فقد تم تكبير الصورة الفوتوغرافية المبينة أعلاه ، فلم تظهر سوى أكبر المعالم .

النيازك القاضية

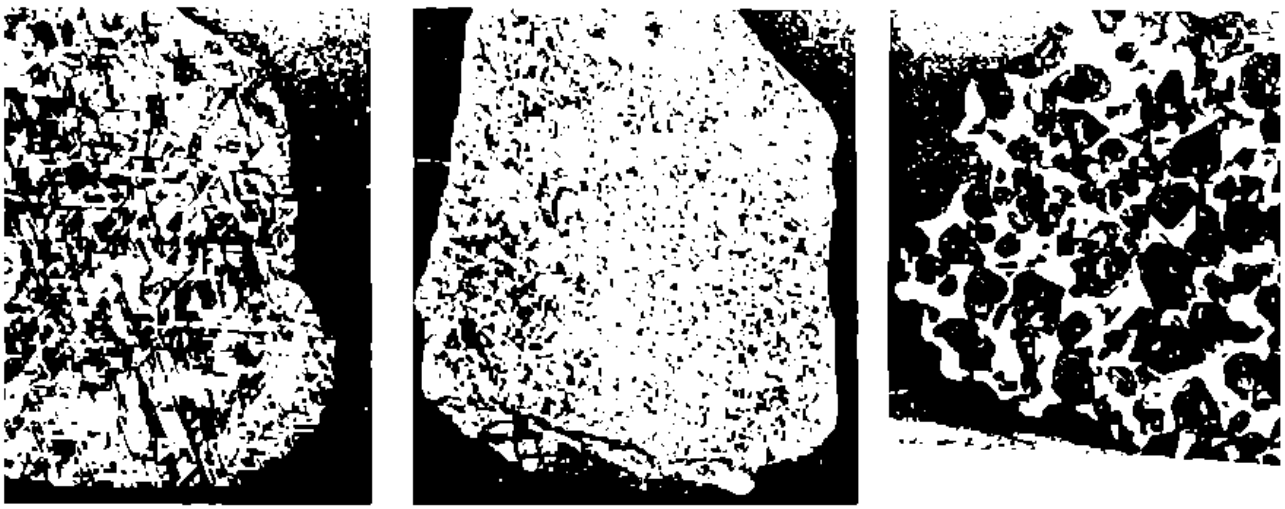


جسيمات بحيرة من مادة زجاجية : ربما جاءت النيازك المسببة ليكتيس من انفجارات صخور بركيسة قديمة

ربما يجلب أول رجل من رواد الفضاء معه صخورا وأتربة من القمر ، تعتبر النيازك عينات مادة الفضاء الوحيدة التي في متناول اليد على الأرض . وربما كانت النيازك أجزاء كوكب انفجر منذ زمن طويل ، على الرغم من أن بعضها قد يكون « كويكبات » تبقت من سحب الغبار الكوني ، التي نمت منها مجموعتنا الشمسية . ومعظم الأجزاء التي وقعت تحت طائل جذب الأرض ، وتساقطت عبر غلافها الجوي ، كانت من الحجارة . وعلى أية حال ، فإن أكبر النيازك ، التي على غرار النيزك المبين في أسفل ، من المعدن ، ويتكون أغلبها من سبائك النيكل والحديد الثقيلة . ولقد قدر وزن أكبر نيزك على الإطلاق تم اكتشافه بنحو ٦٢ طنا . وفي كل عام ، تتساقط ثمانية نيازك ، من بينها اثنان فقط لهما حجم يعتد به ، وذلك على مسافة في مثل مساحة الولايات المتحدة ، ولكن هناك مطرا ثابتا من التراب الكوني ، يترسب على الساطح بمعدل ربما يصل إلى مليون طن في السنة .

أكبر نيزك عثر عليه في الولايات المتحدة هو (ويلامت) في مينيسوتا ، أوريجون سنة ١٩٠٢ . وهو عبارة عن كتلة مخروطية الشكل من حديد النيكل ، ويزن ١٢ طنا .

نيزك حديدي صلد ، استهلك ٨٢ شريحة منشار في محاولة قطعه جزءين ، لدراسة آثار ما نجم من لهب مستمر خلال جو الأرض .

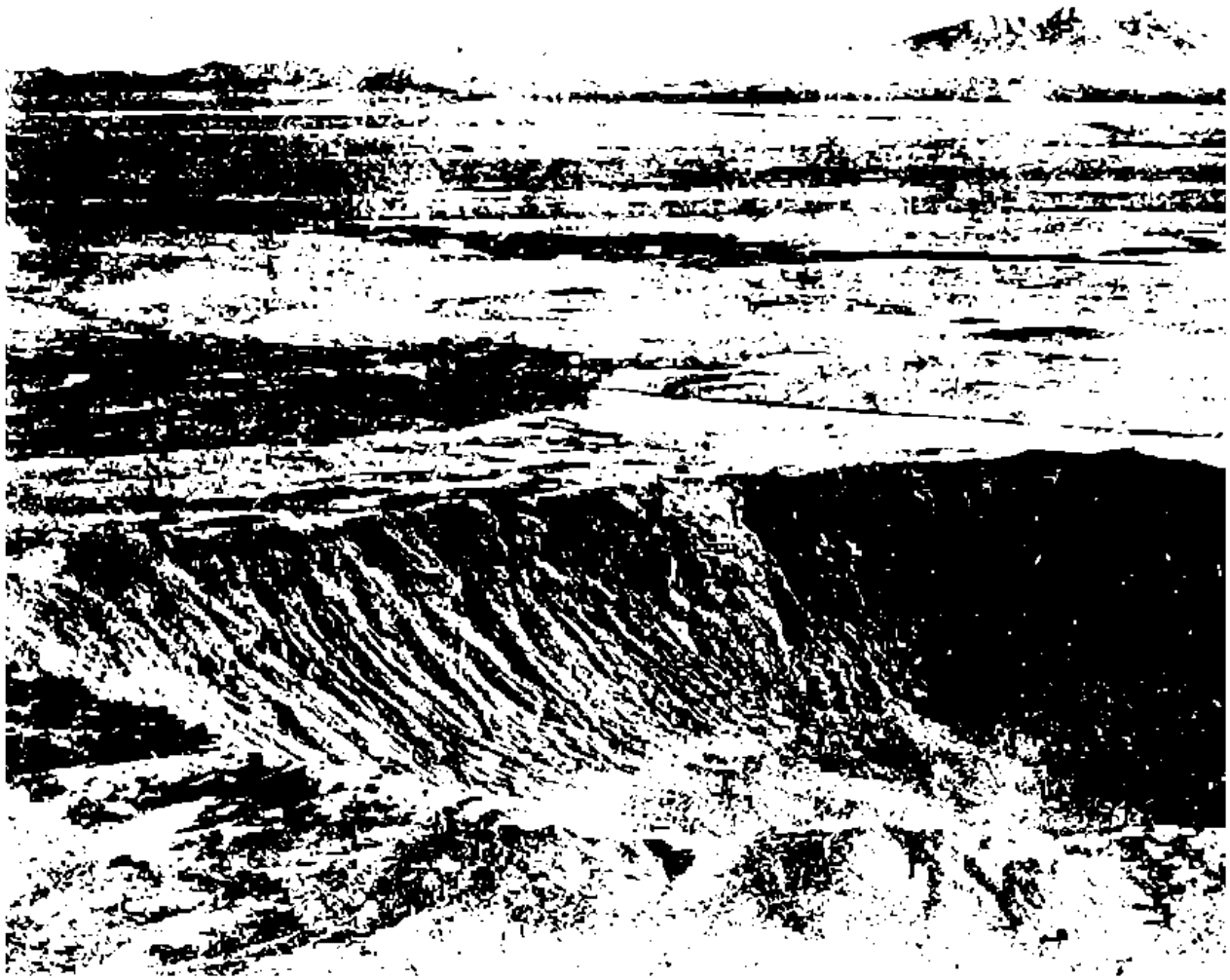


ثلاثة أنواع من النمازك ذات تكوينات مختلفة . إلى اليسار نمزك حديدى ثم قطعه ، وصقله ، وتذويبه بالحوامض ، من أجل إظهار نمط سبائكه المكونة من حديد الصلب .

فى الوسط ، قطاع فى نمزك حجرى له تكوين حبيبى ، على غرار عصور الأرض . وإلى اليمين ، نمزك حديدى حجرى ، يتضمن شبكة من حديد الصلب بملأ فجواتها الحجر ، ولعلى الأرجح .

هدف سهل: الخط الأحمر النهائي : أصيبت السيدة هيرلين جودجينس بكدمات وجراح ، وإصابة شلل وزنها نحو ٤ كيلوجرامات اخترقت سقف منزلها (الصورة العليا) ، وأصابتها في جنبها الأيسر .

حطام غابة طرحت أرضا فى سيبريا : ظل الناس زمنا طويلا يعتقدون أن نيزكا أصابها فى عام ١٩٠٨ ، ولكن المعتقد الآن أن ذلك كان بسبب ملامسة انفجر قبل وصوله سطح الأرض تماما . وقد عبرت السماء (كرة نارية) ، تبعها انفجار فرعى ، فأصاب الناس والحيوان الذعر ، إلى مسافة ١٦٠ كيلومترا ، كما تم تسجيل أمواج الضغط ، التى صاحبت ذلك الانفجار فى لندن .



دوامة بخار عارمة، للف وتدور منبثقة من فوهة نافورة ماء ساخن في يلوستون بأمريكا . يتكون مخروطها الذي يشبه البركان من طبقات من الترسبات المعدنية، التي خلفتها المياه المتطايرة من الفوهة كلما غمرتها المياه .

٢ خيمت السحب حول النشأة الأولى

بينما تكون المعلومات الخاصة بحجم الأرض وكتلتها قديمة قدم هندسة الإغريق ، وحديثة حداثة صواريخ كاتاڤيرال ، يوصم فهم الإنسان لأصل الأرض – وتركيبها الدقيق – بل ويجاب عليه عدم دقته وإحكامه « في البدء ... كانت الأرض خربة وخالية »، هكذايقول سفر التكوين في حسن تعبير محتمل ، ولكن متى كان الابتداء ؟ ليس من المحتمل معرفته حتى إذا كان على البابا « جيمس أشر » أن يقرر الأمر مرة أخرى ، فإنه يعمد إلى جعل تاريخ بدء النشوء اليوم مثل ما ذهب إليه من مغالطة (أو حداثة) عام ١٦٥٠ ، عندما حدده بدقة في تمام الساعة التاسعة من صباح يوم الأحد ٢٣ أكتوبر عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد. وقد حدث أن دون ذلك التاريخ كملاحظة في الهامش على رواية الإنجيل للملك جيمس ، فظل لها احترامها وتبجيلها مدى ثلاثة قرون تقريبا ، ولم يكن من المستطاع استنصالها بحال ، كأساس دعائم تسلسل علم التواريخ .

ومع ذلك فليس عمر الأرض سرمديا دون ريب . فلو أنها كانت لا نهائية في القدم، لتم تحلل العناصر ذات النشاط الإشعاعي ، والتي لاتزال في قشرتها منذ زمن طويل، وتحولها إلى عناصر مختلفة عديمة النشاط الإشعاعي ، وحتى العناصر التي نستخلص من صخور القارات والتي تلفظها البراكين ، كان يمكن أن تحيل المحيطات إلى سليقة لزجة أكثر ملوحة من البحر الميت . والأرض ولا شك قديمة – يتفق معظم علماء

الجيولوجيا اليوم على أن عمرها نحو ٤,٥ ألف مليون سنة – لكن في يوم من الأيام لم تكن هناك أرض ، وظروف مولدها إنما تقدم أروع لغز واجه ، وما زال ، يواجه العلم .

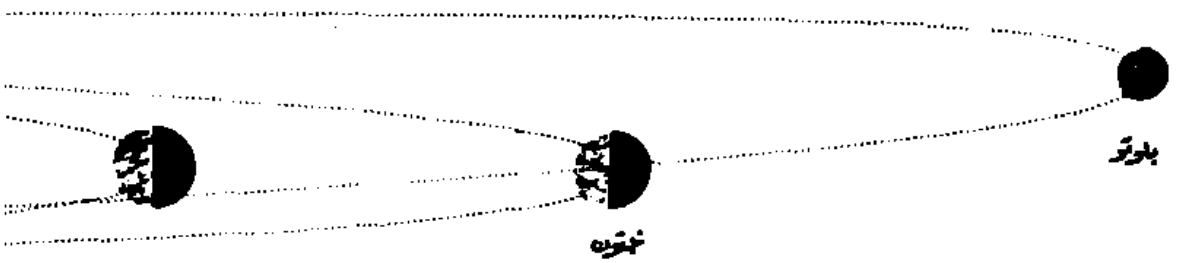
ولم يكن هناك نقص في الحلول التي حاول العلماء الاهتداء إليها بكل شجاعة وبسالة ، ولقد صورت بعض الأساطير القديمة الأرض الناشئة على هيئة جرم ساخن من السائل. وفي عام ١٦٤٤ ، رأى الفيلسوف ديكارت أصل الأرض كجسم ملتهب على غرار الشمس . وفي القرن الثامن عشر ، ظن « عمانويل كانت» و«ماركيز دولابلاس» أن الأرض تكشفت عن سديم غازي كان يحيط بالشمس . ولقد وصفت فروض أخرى متنوعة – لا تلبث من يدافع عنها الآن – الأرض كطفل الشمس ، إما انفصلت عنها بعنف نتيجة انفجار ما داخلي ، وإما قد تمزقت وانتزعت بفعل التصادم . أو ما يقارب التصادم، مع نجم ما . كان ينساب في طريقه على كتب من الشمس . وبطبيعة الحال يتصل موضوع نشوء الأرض بأسره . ذلك الموضوع الشائك ، بالأسئلة الكبرى المتعلقة بأصل المجموعة الشمسية وبالنجوم بصفة عامة ، ثم بالمجرات وبالكون بأسره .

وعلى أية حال ، فإنه بالنسبة إلى السؤال الأول ، – نشوء المجموعة الشمسية – فقد أشار عالم فلكي أمريكي معاصر هو جيرارد ب. كيبر ، إلى أن كل النظريات الممكنة تتضمن بعض الفروض التي لاسبيل إلى التأكد من صحتها بمعرفة البشر ، ويقول كيبر في هذا المعنى : « أليس من المسلم به أن هذه المسألة أي حل علمي ، فمثلا الخبز المخلق الذي « يقلب فيه الهواء » لا يعطى بعد فترة متأخرة من الزمن ما يعين على معرفة طبيعة زمن « التقليب » ، لأن كل ذكريات الحادث داخل المجموعة تكون قد فقدت».

ترى ما الذي يمكن أن يقال عن أيام الأرض الأولى، مع وجود مثل هذا التحذير ؟ يتفق اليوم كثير من الفلكيين على سلسلة محتملة من الحوادث، تقع داخل سحابة من سحب ما بين النجوم مكونة من الغاز والغبار ، وقد بلغ امتدادها امتداد المجموعة الشمسية كلها الآن . وقد يظل هذا الغبار زمنا طويلا من غير أن يأخذ شكلا معينا ، ولكن عند نقطة معينة، تعمل قوى الجاذبية المؤثرة داخل السحابة على تداعيها إلى قرص مفرطح دوار . ويمضي نحو ٨٠ مليون سنة، يتمخض هذا القرص عن مركز سميك متكتل أو متخلص، والعديد من الحلقات المحيطة به والمتحدة المركز . ونظرا لأن المركز يتركز فيه ما يقرب من ٩٠٪ من كتلة سحابة الغبار الأصلية ، فإنه يكون أصل الشمس أو الشمس الأولى ، التي تكون ضخمة وباردة ، ومن ثم غير متوهجة . والحلقات التي تحتوي على نسبة العشرة في المائة المتبقية من تجمعات الغاز والغبار الأصلية ، هي المادة التي تخيم من حولها السحب ، والتي تتكون منها الكواكب في مراحلها الأولى . ويقدر لكل حلقة صفات معينة ككوكب ، وتتوقف تلك الصفات على بعد الحلقة عن الكتلة المركزية ، وعلى التركيب الدقيق لمواردها الخام .

وكانت الأرض الأولى ذات شأن خاص من بين مجموعة الحلقات التي تدور . وكما ذكرنا في الفصل الأول ، آلت الأرض وأمرها إلى نوع فريد ووحيد في المجموعة الشمسية ، لأنه لا يوجد كوكب آخر له قرين كبير بالنسبة إليه كما هي الحال مع الأرض . وعلى ذلك فإنه في صميم ما قد تفرضه سحابة الغبار ، يوجد احتمالان يقومان على توضيح تكوين القمر : إما أن الأرض الأولى كونت نواتين سميكتين تماما من الغبار أخذتا في النمو كروج ، وإما أن كوكبين أوليين تولدا منفصلين تماما عن حلقتين متقاربتين من المادة الخام ، ثم أصاب ذلك أن أمسك أحدهما الآخر فيما يقرب من حالة التصادم .

قانون بود



وفى أى من الحالتين ، ربما كانت الأرض الأولى أكثر ثقلا من الحالية ٥٠٠ مرة . كما أن قطرها قدر قطرها الحالى ٢٠٠ مرة . تماما كما كانت كل الكواكب الأولى أكبر بكثير جدا من الـ[illegible] تمخضت عنها أو نشأت منها . ولقد راحت عناصرها الكثيفة تغوص عبر ملايين السنين متجهة إلى الداخل لتكون فى كل كوكب لبه . أو باطنه العظيم الكتلة ، تغلفه الغازات الأقل كثافة ، التى يتكون معظمها من الأيدروجين والفيليوم . وفى أثناء ذلك كانت الشمس تتقلص كذلك وتتكثف . ومضى الوقت ، وصلت إلى كثافة حرجة . بدأت عندها التفاعلات النووية تجرى فى داخلها وتولد الحرارة .

وإلى هذه المرحلة . كانت العمليات كلها تجرى فى الظلام. ولكن بدأت الشمس عندئذ فى الإضاءة . وفى تبخير مجارى من الأيونات من سطحها واكتسحت تلك المجارى الساخنة . واجتاحت أقرب الكواكب إلى الشمس . وخلصتها من الغازات التى كانت لا تزال تحيط بها. وارتفعت درجات حرارة تلك الكواكب . فساعد البخر . وعزز عمليات نفخ الغازات بعيدا عن تلك الكواكب. وبعد مضى بضعة مئات من ملايين السنين . دأب خلالها الإشعاع الشمسى على تبخير معظم كتلتها ، لم يتبق سوى الكواكب الداخلية (أو التى بين الأرض والشمس) وقد تخلصت الشمس [illegible] ، وكادت تصبح عارية بلا جو ، بينما غلف الغاز الكواكب الخارجية التى نجدها اليوم (أى بعد الأرض فى الترتيب بالنسبة لبعدها عن الشمس) .

ويتفق هذا التتابع كله لمجرى الأمور اتفاقا يقبله العقل مع ما نعرفه عن المجموعة الشمسية الموجودة . فإن مسارات الكواكب ، باستثناء مسار بلوتو ، تقع كلها فى [illegible] درجات معدودات بالنسبة لمستوى الشمس الاستوائى . ولا يبعد مسار بلوتو إلا بمقدار ١٧ درجة عن ذلك المستوى (ربما لم يكن بلوتو على الإطلاق كوكبا حقيقيا ، ولكن قمرا من أقمار نبتون الهاربة) . وتدور كل الكواكب من حول الشمس . كما يلف كل كوكب حول محوره ، فى نفس اتجاه دوران الشمس ، ضد عقرب الساعة كما نراها من فوق قطبها الشمالى ، ولو أنه لسبب ما ، يدور عدد قليل من التوابع فى اتجاه عقرب الساعة . وتكون أبعاد الكواكب من الشمس نمطا يخضع لانتظام ملحوظ إلى أقصى حد . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن مجموع كمية حركة دورانها ، الذى يبلغ ٤٩ مرة قدر كمية حركة دوران الشمس ، يناصر هذه النظرية . فلو أن الكواكب كانت قد ولدت نتيجة نوع من أنواع الحادثات التى أصابت الشمس ، لكانت كمية حركة دوران الشمس ، ولكان حجمها كذلك ، أكبر مما جمعت الكواكب بكثير جدا .

وما نعرفه عن تكوين الأرض ، يتمشى كذلك مع تلك النظرية ، فعندما ظهر فى حيز الوجود قلب الأرض الأول الثقيل ، بدأت عمليات التخلص والانكماش ذاتها . بالإضافة إلى ما ولدته العناصر المشعة الموجودة من حرارة الكتلة كلها ، ومن ثم أصبحت الأرض متحجرة ، إلا أن طاقة الانكماش كانت قد استنفدت . كما تحلل المحتوى الأصلى للمواد ذات النشاط الإشعاعى . وهكذا بدأت تبرد ، وهى عملية ربما كانت مستمرة أو غير مستمرة حتى الآن .

ولم تتقدم الآراء والأفكار الخاصة بتركيب جسم الأرض عما أملته النظريات الأولى الخاصة بتكوينها. إلى أن أصبح تقدير وزنها أمرا ممكنا . ولقد تقدم علماء مختلفون من الفلاسفة الطبيعيين بعدة مقترحات : أرض مجوفة بالماء (وقد نجم عن تكبتها فى القدم ، الطوفان) . وأرض فيها القشرة من الأتربة الطافية فوق جوف من الزيت الذى يحسها . وحتى أرض مفرغة . بها فجوات تملأ على التوالى بالنار والماء . وكل

مواضع الكواكب

الكوكب	المسافة كما تولدها بود	المسافة الفعلية
عطارد	٠,٤	٠,٣٩
الزهرة	٠,٧	٠,٧٢
الأرض	١,٠	١,٠٠
المريخ	١,٦	١,٥٢
الكويكبات	٢,٨	٢,٦٥
المشترى	٥,٢	٥,٢٠
زحل	١٠,٠	٩,٥٠
أورانوس	١٩,٦	١٩,٢٠
نبتون	٣٨,٨	٣٠,١٠
بلوتو	٧٧,٢	٣٩,٥٠

هذه الأرقام بالوحدات الفلكية . والوحدة الفلكية ١٥٠ مليون كيلومتر .

زحل المشترى الكويكبات المريخ الأرض الزهرة عطارد

هذه الجيوجينات ، كما كانت تسمى ، من الضروري أن تكون قد انتهت في عام ١٧٩٨ . عندما (وزن) الأرض عالم الطبيعة الإنجليزي هنري كافنديش . وكانت نقطة الابتداء عنده هي قانون نيوتن للجاذبية العالمية ، الذي يقول إن كل جسم في الكون يجذب كل جسم آخر بقوة متناسبة طرديا مع كتلتهما ، وعكسيا مع مربع المسافة بينهما . ولقد بنى كافنديش مقبض حديد (دمبلز) طوله نحو متر ، ثم علقه بخيط . وقاس الجاذبية بين كرتي المقبض وكرتين أكبر منهما ، ومن ثم حسب ثابت الجاذبية . ومن هذا الثابت ، مع مقادير أخرى معروفة مثل قطر الأرض ، استنتج أن وزن الأرض يساوي ٦,٦ ألف تريليون طن . ولقد كان ذلك التقدير ، ولايزال ، تقديرا حسنا بالنسبة لدخوله في مسائل أخرى .

والأرض هي أكثر كواكب المجموعة الشمسية كثافة ، نظرا لأن حجمها يقدر بنحو ١٠٨٥ ألف مليون كيلو متر مكعب ، ومتوسط كثافتها خمسة أضعاف ونصف ضعف قدر كثافة الماء (زحل في النهاية الأخرى ، يبلغ من قلة الكثافة قدراً يمكنه أن يطفو على الماء) . ولكن متوسط كثافة الصخور التي تكون القشرة الأرضية — الجرانيت الخفيف والبازلت الثقيل معا — لا تزيد إلا بكسر صغير على نصف كثافة الأرض مجتمعة . وبالنسبة لرجل العلم الذي أمعن النظر أولا ، ودقق لكي يعرف هذا ، اتضحت له في الحال حقيقة واحدة : إن كثافة الماء التي يكون باطن الأرض ، لابد أن تكون أكبر من كثافة الصخور التي على السطح . ولكن لا يتسع باطن الأرض لمثل تلك (الأوزان الخفيفة) التي على غرار النار والماء ، كما لا يمكن أن تكون الأرض عبارة عن كرة كبيرة ضخمة ، مصنوعة كلها بلا استثناء من نفس المادة .

وفي هذا العصر ، يعتبر مثل هذا التبصر أو بعد النظر مجرد آراء بدائية . ولكن في مستهل القرن التاسع عشر ، عندما بدأت الجيولوجيا تنمو ، وتشب عن طوقها الذي طال أمده ، كانت الحقائق التي من هذا النوع ، وسيلة عظيمة القدر والقيمة . وحتى اليوم ، فإن كل فكرة أو رأي يتعلق بباطن الأرض مجرد تخمين ، ولكنه تخمين مبني على أساس النتائج الدقيقة الرائعة ، التي هي مستمدة إلى أبعد مدى من أرصاد عوائل الطبيعة المعروفة باسم الزلازل .

ولو أن متوسط عدد الزلازل العنيفة التي تحرف قشرة الأرض كل عام هو نحو عشرين ، فإن عدد الهزات الصغيرة خلال نفس المدة يقارب المليون ، أو حوالي هزتين في الدقيقة . وتمدنا الزلازل بمصدر مستمر للبيانات التي تساعد على تحليل داخل الأرض . ومن نتائج هذه الدراسة خلال قرن بأكمله ، عرف علماء الزلازل (أو علماء حركات القشرة الأرضية) أن كل الزلازل الكبرى تنشأ على وجه التقريب في منطقتين طويلتين وضيقتين نسبيا . وتتكون المنطقة الرئيسية من حزام في الأراضي التي تحف بالمحيط الهادي ، ممتدة على طول الساحل الغربي لكل من الأمريكتين ، ومنحدرة إلى ساحل آسيا . وتجري المنطقة الثانية العظمى من الغرب إلى الشرق خلال أوروبا وآسيا ، من أسبانيا ، وشمال أفريقيا عبر إيطاليا واليونان ، وتركيا ، والهند ، وبورما ، لكي تتصل بالحزام الباسفيكي عند سيليس . وتعرف المنطقة الأولى بلقب (حلقة النار) الباسفيكية ، نظرا لوجود معظم براكين العالم على طول مسارها . كما أنها مكان حدوث أكثر من ٨٠٪ من زلازل الأرض كلها ، بينما تظل المنطقة الثانية مسئولة عن نحو ١٥٪ من الزلازل . وتحدث الزلازل الباقية في أماكن متفرقة على الأرض .

وتنشأ كل الزلازل تقريبا من كسر أو تصدع الصخر الصلب ، الذي يكون القشرة الأرضية على طول إحدى المنطقتين . وتحدث هذه الكسور المدمرة الخالق أو الصدع ، عندما تصبح الإجهادات المتولدة داخل الأرض أكبر من أن تتحملها القشرة الهشة السهلة الانكسار . ومن الأمثلة التي تستحق المشاهدة صدع سان أندريا في كاليفورنيا ، حيث تأخذ كتلة الأرض شرق صدع سان أندريا سبيلها بانتظام نحو الجنوب ، وكثيرا جدا ما يحدث أن تفوق الحركة حدود مقدرة الصخور السفلى على المط . وعندئذ يحدث فقك يتمزق الصخر . ولقد حدث في ١٨ أبريل عام ١٩٠٦ أن زحزحت الأرض بمقدار خمسة أمتار ، على طول مسافة بلغت نحو ٣٦٥ كيلو مترا من امتداد صدع سان أندريا . وبذلك أحدثت زلزالا

هدم معظم سان فرانسسكو . ولقد كانت تلك الزحزحة أكبر إزاحة سجلت على الإطلاق لزلزال واحد . ولم يكن زلزال سان فرانسسكو عام ١٩٠٦ أول ولا آخر زلزال حدث نتيجة الحركة على طول صدع ساحل المحيط الهادى ، فقد هزت كاليفورنيا زلازل عظمى فى الأعوام ١٨٥٧ ، ١٩٢٢ ، ١٩٤٠ ، ويمكن أن نتوقع هزات أخرى من وقت إلى آخر قبل أن تتم إعادة استقرار الأرض فى تلك المنطقة غير المستقرة .

ومن صفات الزلزال الكبير ، أنه يوحى بأعظم الحادثات رهبة وخوفا . فمن حيث العنف ، قد يفوق تفجير الصغيرون طن من الديناميت (ث . ن . ث .) . وبينما يكون مكان أشد الاضطرابات عنفا محددا ، قد تعم الصدمة مساحات واسعة . فمثلا زلزال لشبونة عام ١٧٥٥ ، لم يقتصر أمره على مجرد تدمير قلب تلك المدينة ، وقتل الآلاف من سكانها ، بل أمكن الشعور به فوق مساحة من أوروبا قاربت أربعة ملايين من الكيلو مترات المربعة . فقد حدث أن اضطربت بعنف مياه البحيرات والأنهار فوق أوروبا كلها . كما وصلت أمواج البحر التى أثارها الزلزال إلى جزر الهند الغربية ، بعد عبورها الأطلنطى خلال عدة ساعات . ولقد حدث الزلزال فى أول نوفمبر — يوم التقديس — عندما كان كل المصلين فى أوروبا من أولها إلى آخرها فى الكنائس والكاتدرائيات الكبرى ، فأثار رعب المتضرعين الذين كانوا يراقبون النجف وهو يهتز ويترنح ، تحت وطأة صدمات الأمواج المقبلة من لشبونة .

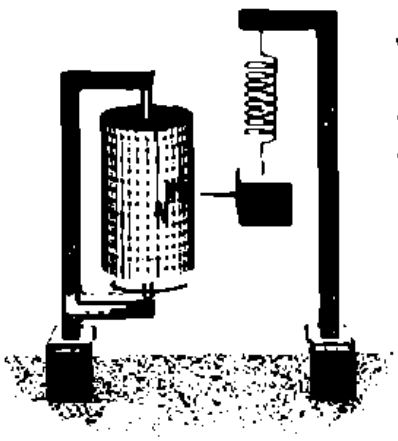
ولم يكن زلزال لشبونة أول زلزال على الإطلاق هدد أوروبا ، وإن كان أكثرها تدميرا إلى حد كبير . ولقد ذكر أمر تلك المأساة العلماء بضآلة ما كانوا يعرفونه عن طبيعة غوائل الأرض . وأحد أوائك العلماء ، الفلكى الرياضى البريطانى جون مايكل ، الذى جمع كل التقارير التى استطاع العثور عليها ، ومن ثم استطاع أن يحسب أن الموجة الزاجة المفزعة ، انتقلت بسرعة زادت على ٣٢ كيلومترا فى الدقيقة . ولقد خمن مايكل أن مصدر الهزة كان حركة أرضية على بعد عميق فى القشرة الأرضية . وبذلك وضع أساس الزلازل حيث كتب يقول « .. لا يمكن أن تكون على (عمق) أقل بكثير من ١,٥ كيلو متر أو ٢,٥ كيلو متر ، ٠٠٠ و ٠٠٠ من المحتمل أن عمقها لم يزد على خمسة كيلو مترات » .

ولم يمض على نكبة لشبونة ثلاثون سنة ، حتى دمرت سلسلة من الزلازل منطقة كالابوريا بإيطاليا . حيث بلغ عدد الضحايا ٣٥٠٠٠ نفس ، وهذه النكبة الثانية ، على غرار إلمام مايكل الخاص بالأعماق الكبيرة ، أكبر بكثير مما تصل إليه المناجم العميقة ، التى تولد فيها الهزات الغريبة ، إنما ساعدت على بذل مجهود علمى متزايد لمعرفة أسباب الزلازل . ولقد عم الشعور بالحاجة العاجلة لعمل جهاز يقيس سمة تلك الهزات . ولكن كان قد نشأ وظهر من مجرد التقارير الموضوعية ، مقياس غير دقيق لشدة الزلازل . ويتدرج ذلك المقياس على خطوات من بسيط إلى معمر . ولقد عرف فيما بعد أن الموجات الزاجة فى مركز الزلزال تحدث حركة إلى أعلى وإلى أسفل ، وأنها عندما تنطلق بعيدا على غرار التموجات فى البركة ، تأخذ تلك الموجات على التدريج اتجاها أفقيا يتزايد أكثر وأكثر .

ولكن لم تكن هناك أية حلول أو إشارات فيما يتعلق بالاتجاه الذى تقبل منه الهزات البعيدة . ورغم أن سرعة انتقالها كانت معروفة بأنها كبيرة ، فإنه لم يتم حسابها بأى دقة . واتضح أنه من الممكن أن يصنع جهاز جيد يقوم بإعطاء هذه المعلومات الناقصة ، إلى جانب إعطائه معلومات حيوية عن داخل الأرض المجهول ، نظرا لعظم الأعماق التى تبدأ منها هزات الزلازل .

وعلى الرغم من تلك الحوافز ، فقد ظلت الحال على ما هى عليه حتى عام ١٨٥٥ — قرن بعد مأساة لشبونة — حين تم بناء أول مسجل للزلازل . واليوم تعمل مئات من هذه الأجهزة ، وقد أدخلت عليها تحسينات مختلفة ، وتستخدم فى مراصد الزلازل فى أرجاء العالم المختلفة . ولا يستطيع أى جهاز تسجيل للزلازل أن يظهر النقطة التى تبدأ منها هزات الزلازل . ولكن تستطيع تلك الأجهزة كلها ، على أية حال ، أن تبين مدى البعد الذى بدأت منه الهزات .

والأساس فى محطة أرصاد الزلازل ، هو أن تتضمن ثلاثة أجهزة لتسجيل الزلازل ، يثبت واحد منها رأسيا ، بينما يتم تثبيت الإثنين الآخرين فى وضع أفقى فى اتجاهين متعامدين ، بحيث يستجيب جهاز



مسجل الزلازل (سيسموجراف) المرسوم فى هذا الشكل المبسط ، يسجل الزلزال على النحو التالى : تلتقط القاعدتان المدببتان الراسيتان فى الصخر ذبذبات الأرض . وهناك بندول ثقيل معلق فى أحد القاعدتين بخلف من السلك يصل على بقائه ساكنا ، بينما تسجل حركات القاعدة الأخرى على ورق الرسم البيانى المثبوف لوح اسطوانية الشكل والدور — وبذلك يعطى لنا دليلا قويا للقوى الزلزال .

للأمواج التي تمر نحو الشمال أو الجنوب، بينما يستجيب الثاني للأمواج التي تقبل من الشرق أو من الغرب. والخلاصة ، يتكون كل مسجل للزلازل من حامل يثبت تماما في صخر الأرضية ، وكتلة ثقيلة تعلق حرة طليقة، وتتصل من الحامل بزمبرك . فعندما تهز رجفة أرضية الحامل ، يحول الزمبرك دون وصول تلك الحركات التي تتعرض لها القاعدة، من أن تصل وتؤثر على الكتلة المعلقة ، فتبقى هذه الأخيرة في مكانها الأصلي . وفي أثناء ذلك يتمدد الزمبرك أو يتقلص ، وتسجل تلك التغيرات التي تحدث في الزمبرك . ويمكن لتسجيلات السيسموجراف مجتمعة في الأماكن المختلفة، أن تحصر مصدر الهزات الأرضية أو الأمواج المقيلة في بقعتين على الأرض . وبطبيعة الحال، فإن واحدة منها فقط تكون هي مصدر الزلزال الحالي .

ومن ثمار هذا الجهاز الجديد ، التحقق من أن هزات الزلازل تنتقل على غرار أمواج الضوء عبر انحناء قشرة الأرض الرقيقة . وهناك أمواج أخرى ، لم تكن متوقعة قبل تعرف السيسموجراف عليها ، تنطلق بدلا من ذلك إلى جسم الأرض مباشرة ، بسرعة أكبر بكثير من سرعة الأمواج السطحية . ولقد ثبت أنها من نوعين : أمواج ابتدائية — أو P — وأمواج ثانية —أو S — ومن بين هذا الزوج تكون الأمواج الابتدائية هي الأسرع والأكثر عمقا ، وتتحرك من غير أن يعترض سبيلها أو يعوقها عائق خلال مادة باطن الأرض الكثيفة . وللأمواج الثانوية البطيئة حركة مستعرضة ، ترى في أغلب الأحيان عندما ينقر الحبل المشدود، أو عندما يهتز متأنيا . ومن الحقائق الهامة، كما سبقت فيما بعد، أن الأمواج المستعرضة تنتقل بكفاءة خلال الأجسام الصلبة ، ولكنها تختفي عندما يعترض سبيلها سائل أو غاز .

وفي أية محطة من محطات الزلازل، تكون أول علامة من علامات حدوث الزلازل هي وصول سلسلة من الأمواج الابتدائية P — وهي الأسرع — ، ثم يعقب ذلك وصول الأمواج الثانوية S . وتتوقف الفترة الزمنية على المسافة بين محطة الرصد وبؤرة الزلزال . وبعد ذلك بمدة أخرى ، تصل الأمواج السطحية البطيئة، التي تنتقل خلال الوسط الرقيق المنحني من القشرة الأرضية ، متحنياتها المميزة على اسطوانة السيسموجراف التي تدور . وفي بعض الحالات، يمكن أن تشير آلات التسجيل هذه إلى المصدر (وتبين قوة ثوران البراكين أو انفجارات القنابل النووية) .

وحتى هذا القدر ، فيما يختص بتفسيرات باطن الأرض ، نجد أن أكثر الحقائق فائدة التي يقدمها السيسموجراف ، هي زمن انتقال أمواج الزلازل من مراكزها إلى مراصد الزلازل من حول الأرض . وعندما درست مجموعة كاملة من أزمنة الانتقال ، أمكن التعرف على السرعة التي تنتقل بها الأمواج الابتدائية والأمواج الثانوية ، على أعماق مختلفة في الأرض .

ولقد وجد ، مثلا، أن تلك السرعات تميل إلى الزيادة على التدريج، كلما اقتربت الأمواج من مركز الأرض . وهناك كذلك عدة أعماق معينة تعيينا دقيقا، تحدث عندها إزاحات فجائية في سرعة الانتقال . ومن اللازم أن تدل تلك الإزاحات على وجود تغيرات جوهرية في خواص مادة باطن الأرض ، وتعرف الحدود التي تعينها كحدود فاصلة بين الطبقات المتحدة المركز، التي تختلف مواردها كيميائيا أو طبيعيا ، باسم « اللامستمرات » .

وحيث أعلى طبقات (اللامستمرات) تبعا لمكتشفها أندريا موروفسك . ومن فوق لا مستمرة موروفسك، تقع قشرة الأرض وحدها ، وهي قشرة رقيقة من الصخر سمكها نحو خمسة كيلو مترات من تحت الترسبات التي تغطي قيعان المحيطات، ولكن متوسط سمكها يبلغ نحو ٣٢ كيلو مترا تحت القارات، ويلوح أن هذه القشرة طبقتين أساسيتين: طبقة سمكها خمسة كيلو مترات من البازلت الثقيل المحيط بالأرض كلها ، وقطع عظمى من صخر الجرانيت الأقل كثافة يبلغ سمكه زهاء ٦٠ كيلو مترا ، تقع مباشرة فوق البازلت لتكون القارات .

وعند لامستمر موروفسك، تسرع الأمواج الابتدائية (P) والثانوية (S) من ٦,٩٢ كيلو متر و ٣,٨٦ كيلو متر في الثانية على التوالي، لتصل إلى ٨ و ٤,٧ كيلو متر في الثانية . ومن بعد ذلك يزداد معدل انتظامها بانتظام خلال المسافة الممتدة إلى أسفل عبر ٢٩٠٠ كيلو متر ، حتى تصل سرعات قدرها

١٣,٧ و ٧,٢٥ كيلو متر فى الثانية على التوالى . وعلى هذا العمق ، تهبط سرعة الأمواج الابتدائية (P) فجأة إلى ٨ كيلو مترات فى الثانية . كما يتغير اتجاه تحركها بشدة . بينما تختفى الأمواج الثانوية (S). ومن الواضح والجلى أن هناك تغيرا جوهريا خطيرا يحدث فى باطن الأرض عند هذا الحد العميق ، الواقع على بعد ٢٩٠٠ كيلو متر بين لب الأرض وستارها .

وكل المنطقة الواقعة بين اللامستمرين ، هى الستار الذى يضم ما يزيد على ٨٠ فى المائة من حجم الأرض . بمقارنته بحجم القشرة البالغ ١,٤ فى المائة . وفى الوقت الحاضر ، تقتصر قدرتنا على مجرد التخمين بالنسبة إلى طبيعة تلك المنطقة . ويذهب بعض علماء الطبيعة الأرضية إلى أن كثيرا من الستار — وربما معظمه — يتكون من مراحل متباينة من الدونيت ، وهو صخر يبلو أن صفاته وخصائصه تتفق تماما مع القدر الصغير الذى تم فهمه عن تلك المنطقة الفسيحة . وكما نراه على سطح الأرض ، الدونيت هو صخر أخضر ، أو بلون الصدأ ، خشن التحبب ، ولكن قد يحتوى الستار كذلك على البريدوتيت . ومن تحت اللامستمر الموجود على عمق ٢٩٠٠ كيلومتر ، يوجد لب الأرض . وهناك قرائن كثيرة غير مباشرة تؤيد فكرة أنه على ذلك البعد ، يتكون اللب من الحديد المنصهر ، وربما مع بعض النيكل وبعض آثار الكوبلت . فأولا وقبل كل شئ ، يجب أن يكون اللب عظيم الكثافة جدا ، حتى يمكن تفسير كتلة الأرض الكبيرة . وتشير هذه الحقيقة إلى أن الحديد هو العنصر الرئيسى فى لب الأرض ، البالغ ١٧٥ ألف مليون كيلو متر مكعب ، وذلك نظرا لأن الحديد هو العنصر الثقيل الوحيد الذى يكثر وجوده نسبيا بين ربوع الكون . وبالإضافة إلى ذلك ، نجد أنه تحت الضغوط ودرجات الحرارة المقدرة للب الأرض ، تكون كثافة الحديد — على الأقل ٧,٧ جرام لكل سنتيمتر مكعب — هى التى تتفق مع مستلزمات الوزن ، كما أنه يتعين أن يكون سائلا منصهرا . ونستطيع أن ندلل على أن لب الأرض سائل ، من عدم استطاعة أمواج الزلازل S المرور خلالها (لا تستطيع الذبذبات المستعرضة الانتقال إلا فى الأجسام الصلبة فقط) . وأخيرا ، يمكن إدراك وجود مجال الأرض المغناطيسى بسهولة ، فى ضوء التيارات الكهربائية المتولدة فى جسم معدنى مسال .

وتترك كل خطوط التفكير هذه ، قليلا من الشك فى أن لب الأرض يتركب أولا وقبل كل شئ من الحديد المنصهر . إلا أن هذه الحقيقة ليست هى كل القصة . فعلى أساس دراسات أخرى لهزات القشرة الأرضية ، يظن بعض علماء الطبيعة الأرضية ، أنه مازال هناك لامستمر أساسى آخر ، يقع على بعد نحو ١٢٩٠ كيلو مترا من مركز الأرض . ويدل على وجود منطقة أخرى مختلفة عن سابقتها داخل اللب . وعلى ذلك ، فإننا عندما نبدأ من سطح الأرض متجهين إلى باطنها ، نجد أولا القشرة (سمكها عدة كيلو مترات) ، فالستار (٢٩٠٠ كيلومتر) ، فاللب الخارجى (٢٢١٤ كيلومترا) ، ثم اللب الداخلى (١٢٩٠ كيلومترا) . والفرق بين اللبين الداخلى والخارجى يمكن أن يكون فرقا كيميائيا ، ربما من سبيكة الحديد مع النيكل ، وقد حدث فيها تغير بسيط ، أو قد يكون الفرق فى بساطة من الفروق الطبيعية . وربما يكون اللب الداخلى صلبا بدلا من السائل . وسوف تعيننا أجهزة القياس الدقيقة فى المستقبل ، على إبداء تخمينات أكثر سلامة ودقة . ولكن يبقى أمر معرفتنا المباشرة للب الأرض بعيدا عن متناول البشر ، بدرجة تفوق بعد معرفته للفضاء الخارجى .

وتصبح الزيادة فى الكثافة بشكل ظاهر من القشرة السطحية إلى اللب الداخلى أقل عجبا ، عندما يتم حساب الزيادة المتضمنة فى الضغط بازدياد العمق داخل الأرض . فمثلا تعمل معا القشرة الرقيقة الخفيفة ، والستار الأكثر كثافة وأعظم سمكا إلى حد كبير ، على إضافة أحمال وأثقال على كرة لب الأرض الخارجى ، بحيث يصل الضغط زهاء ٩٠٠٠ طن على البوصة المربعة (١٤٤٠ طنا على السنتيمتر المربع) ، بينما تحمل البوصة المكعبة ، المعرضة لضغط ذريع عند مركز الأرض بالذات ، ١٨٠٠٠ طن من الضغط على كل سطح من أسطحها الستة .

ومن المنطق أن نتوقع بسبب ازدياد الضغط على هذا النحو ، ازديادا فى درجة الحرارة . وحتى فى القرن السابع عشر ، جعل عمال المناجم ، الذين كانوا يعملون فى آبار المناجم العميقة الجافة بألمانيا ، ارتفاعات تنظمة

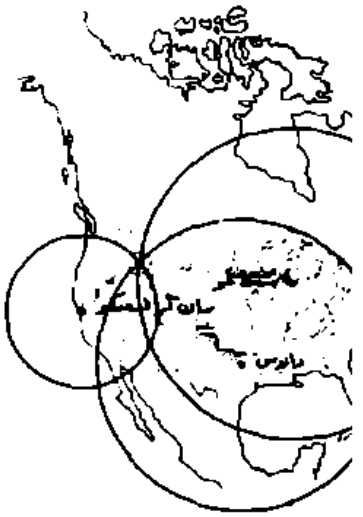
غورها وجسها إلى أبعد حد ، تم هذه الزيادة فى الحرارة بازدياد العمق بمعدل ٠,٦٥ درجة سنتيجراد لكل ٣٠ مترا . وإذا ما ثبت معدل الزيادة هذا على طول المسافة إلى مركز الأرض ، فإن قلب الأرض يصير نارا مستعرة ، درجة حرارتها ١٩٥٠٠٠ درجة سنتيجراد على وجه التقريب ، أو أسخن من سطح الشمس بخمس وثلاثين مرة .

وليس من بين علماء الطبيعة الأرضية من هم على استعداد للموافقة على ذلك . وتتراوح تقديرات النهاية العظمى لدرجة حرارة القلب بين أكثر من ٢,٠٠٠ و فوق ٥٥٠٠ درجة سنتيجراد . وعلى أية حال ، ليس التوزيع الحالى لدرجة الحرارة فى الأرض ـ مهما كان ـ توزيعاً دائما . فلا من شك أن كلا من الستار والقلب ما زال يتضمن بقايا يعتد بها من نظائر اليورانيوم ، والثوريوم ، والبوتاسيوم ذات النشاط الإشعاعى ، والتى تطلق حرارة كلما تحللت . ويعتقد عدد وفير من علماء الطبيعة الأرضية أن درجة حرارة باطن الأرض تزداد تدريجيا ، ولكن ليس ثمة ما نخشاه أو نخاف عليه من تلك الزيادة ، فكل من الستار والقلب من أجود المواد العازلة . وتتطلب تغيرات درجة الحرارة داخل جسم الأرض ، ملايين السنين لكى تظهر على السطح . وكما هى الحال ، يقتصر التحكم فى درجات الحرارة السطحية على الشمس وتأثيرها ، أكبر من تأثير سريان الحرارة من داخل الأرض بآلاف المرات .

ولا يمكن تصور اختراق الإنسان لب الكواكب على الإطلاق ، اللهم إلا فى الخيال العلمى ، ولكن موضوع إرساله مستقبلا أجهزة إلى أسفل ، تعبر القشرة لتخترق الستار ، فذلك أمر محتوم . ومن الطرق المؤدية إلى تلك النهاية المثيرة مشروع ثقب (موهول) ، وهو عنوان مشتق من اسم حدود (القشرة والستار) . وعندما تأكدت حقيقة أن القشرة رقيقة تحت قاع المحيط ، عمد العلماء فى أمريكا عام ١٩٦٢ إلى إنزال مجسات ثقب لتصل إلى عمق ٣١٥ مترا تحت القاع ، من سفينة رست خارج كاليفورنيا الجنوبية . ولقد حققت تلك التجارب بمؤسسة العلوم الأهلية لتقديم مبلغ ٥٠ مليون دولار (أو ما يعادل نحو ١٨ مليون جنيه استرلينى) ، للقيام بعمليات الثقب لمدة تمتد من ثلاث إلى سبع سنوات ، حسب برنامج ثقب (موهول) ، أو ربما ١٦ مليون دولار (نحو ٦ ملايين من الجنيهات) أو نحو ذلك لاختراق كل ١,٦١ كيلو متر من القشرة .

والمدى يطلق عليه الدكتور آلان ت . ووترمان ، مدير المؤسسة ، اسم « المشروع الجيولوجى الوحيد أكبر مشاريع البشر » ، سوف يفتح اسما على مسمى فى مجال التقدم العلمى . فمن القشرة إلى أسفل حيث الستار ، سوف تخرج لنا ثقوب (موهول) عينات مستمرة من لب ما ترسب الصخور والحفريات تحت قشرة المحيط (وفى أثناء ذلك ، سوف تعمل الحافرات السوفيتية على سبر غور وجس الستار على طريقتهم الخاصة من مواقع على الأرض) . وسوف يخرج الستار المثقوب ما فيه ، ومن تلك النقطة وما بعدها ، سوف تحل المعرفة مكان أعمال التخمين بالنسبة إلى تكوينه ، وكثافته ، وما فيه من مواد ذات نشاط إشعاعى ، إلى غير ذلك من الخواص . وسوف تكون لعلم حلول أقوى من أى حلول أخرى ، بصدد أصل وتاريخ الأرض ، والمجموعة الشمسية ، والحياة ذاتها .

ولقد علم مجال الأرض المغناطيسى علماء الطبيعة الأرضية الشىء الكثير عن باطن الأرض . وكان بحارة الغرب يعرفون الإبرة المغنطة (البوصلة) منذ نحو ألف سنة تقريبا ، ولكن لم يفهم رواد العلم طريقة عمل البوصلة فهما حقيقيا حتى أواخر القرن السادس عشر . وحتى ذلك التاريخ ، كان المفروض أن كوكب الدب الأكبر ، وربما النجم القطبى ـ نجم الشمال ـ أو حتى جبلا كبيرا مجهولا فى المنجمد الشمالى ، هو أصل وأساس القوى التى تجذب الإبرة المغنطة . وكان وليم جلبرت ، طبيب البلاط فى عهد الملكة إليزابيث الأولى ، أول من عرف أن الأرض ذاتها عبارة عن مغناطيس كبير . ولقد دلت الملاحظات السابقة ، على أن الإبرة المغنطة عندما تعلق لتتحرك حركة طليقة فى أى اتجاه ، لا تشير إلى الشمال فحسب ، ولكنها أيضا تميل ـ تتزايد زاوية الميل كلما زاد بعد إجراء التجربة نحو الشمال ـ ولقد عمد جلبرت إلى مضاعفة الظاهرة فى المعمل ، باستخدام كرة كلها تقريبا من خام الحديد المغناطيسى بدلا من الأرض . فاستجابت الإبر المغناطيسية لتلك



إن تحديد مكان أصل الزلزال بدقة ، أو مركز تأثير الهزة الأرضية ، يتم بملاحظة أو أكثر من محطات الزلزال فى مدن مختلفة . وتحدد لكل محطة فترة الزمن المستغرقة بين وصول الموجات الأولية السريعة ، والموجات الثانوية الأقل سرعة . ومن قبل الزمن هذا ، يمكن تقدير المسافة التى تم قطعها . وترسم على خريطة ثلاث دوائر تمثل أنصاف أقطارها تلك المسافات ، ويكون مركز الهزة الأرضية (أ) حيث تتقاطع تلك الدوائر .

الكرة المضغوطة تماما ، كما كانت تستجيب للأرض ، وأخذت تميل بزوايا تتزايد كلما قربت الإبر من قطبي الكرة . ومن تلك المشاهدات استطاع جلبرت أن يقول ، وهو على صواب ، إن الأرض هي بدورها كرة مضغوطة .

ونشرت رسالة جلبرت (دوماجنيتي) عام ١٦٠٠ ، كذروة أعمال سبعة عشر عاما . ولقد وصف كيف أنشأ وبنى تلك الكرة المضغوطة (الأرض ذاتها مغناطيس عظيم) . وعلى الرغم من أنه كان مدينا لغيره من الباحثين الأول . فإن وضوح دراسته ، جعل رسالته علامة من علامات التقدم في تاريخ العلم الحديث . والآن ، أيدت رسالته طرق الرصد والقياس أكثر تهذيبا ، كما أيدتها دراسات تحليلية ممتازة ، توفرت أكثر مما توفرت لدى جلبرت .

ولو أن من صفات الأرض أنها تبدو كمغناطيس ، إلا أنها أبعد ما تكون عن المغناطيس الكامل ، وذلك لعدة أسباب : أولها . أن مجال الأرض المغناطيسي غير منتظم إلى حد كبير في الاتجاه ، ويتذبذب مع الزمن بطريقة غير منتظمة . وثانيها ، أن المغناطيس الأرضي ليس ثابتا من حيث الشدة ، ففي القرن الماضي وحده ، ضعف مجال الأرض المغناطيسي بمقدار ٥٪ . وأكثر من ذلك عجبا عدة انقلابات معروفة في مجال الأرض المغناطيسي . وتكون القرائن القائمة عليها جزءا من التاريخ الجيولوجي . ومن وقت إلى آخر يتمحى أو يضمحل المجال ببطء ، ثم يعود للظهور وقد حل اتجاها المجالين الشمال والجنوبي أحدهما مكان الآخر . وكل هذه الظواهر الغريبة في المغناطيسية الأرضية ، يرحب بها عالم الجيولوجيا ، لأنها تستخدم كعلامات هامة في دراسة ماضي الأرض .

وبعد قياس شدة واتجاه مجال الأرض المغناطيسي على سطح الأرض بأسره ، يمكن رسم خريطة للمجال . تلعب فيها الخطوط المعروفة باسم (إيسوجونك) . دورا يحاكي الدور الذي تلعبه خطوط الحدود في أية خريطة لها استخداماتها التطبيقية . ولا يمكن تقدير فائدة مثل هذه الخريطة في الملاحة البحرية . نظرا لأنها تبين الاتجاه الذي تشير إليه الإبرة الممغنطة في أي منطقة جيولوجية (هناك أماكن قليلة على الأرض تشير الإبرة الممغنطة فيها إلى الشمال الجغرافي الحقيقي) . وعندما تمحى آثار كل ما هو شاذ على خريطة مثالية من خرائط مجال الأرض المغناطيسي . يمكن تحديد زوج من القطبين المغناطيسيين . بحيث ينتميان إلى نمط قطبي جلبرت ، ويصور النمط المثال لمجال الأرض المغناطيسي المرسوم على هذا الأساس سبب المجال ، ويجعل علته وجود قضيب مغناطيسي عظيم القوة جدا . يختبئ في أعماق باطن الأرض ، على بعد نحو ٣٠٠ كيلومتر من المركز . وينحرف بمقدار ١١,٥ درجة على محور دوران الأرض .

وفوق ذلك كله . نجد أن قطبي المغناطيسية الأرضية ليس هما القطبين المغناطيسيين للأرض . قبلة وحط أنظار مستكشفي المناطق القطبية . وخير ما يعرفان به أنهما قطبا (الميل) . وهناك تشير إبرة البوصلة المغناطيسية المعلقة تعليقا حرا ضيقا إلى أسفل مباشرة . وقطبا ميل الأرض الشمالي والجنوبي ، يقعان على مسافة ما من قطبي مغناطيسية الأرض . ولكي نجعل الصورة أكثر . نقول إن قطبي الميل يتجولان . ففي عام ١٩٤٨ ، اكتشف القطب المغناطيسي الشمالي على بعد ١١٣ كيلومترا جنوب شرق موضعه الحالي . وقبل ذلك بأربع وأربعين سنة ، كان على بعد ٣٢٠ كيلومترا أخرى إلى الجنوب الشرقي . وليس في مقدور علماء الطبيعة الأرضية التنبؤ بالمواضع التي سوف يشغلها قطبا الميل للأرض في المستقبل بشيء من اليقين . على الرغم من أنهم يعرفون أن معدل التغير يختلف من نحو خمسة كيلومترات إلى ٦,٥ كيلومتر في السنة بالنسبة للقطب الشمالي ، وأن قطب الميل الجنوبي ينحرف بسرعة أكبر نوعا ما .

وتشير كل الاحتمالات إلى أن منشأ مجال الأرض المغناطيسي تيارات كهربائية ، تتولد في لب الكوكب الخارجي المكون من الحديد المنصهر . ومن اللازم أن يشتمل ذلك على مبدءين طبيعيين ، لا يختلفان عن تلك المبادىء المتضمنة عمل المولد الكهربائي العادي أو الدينامو . ويشمل المبدأ الأول العلاقة الوثيقة القائمة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي . فالتيارات الكهربائية تحيط بها دائما مجالات مغناطيسية ، كما أن المجالات

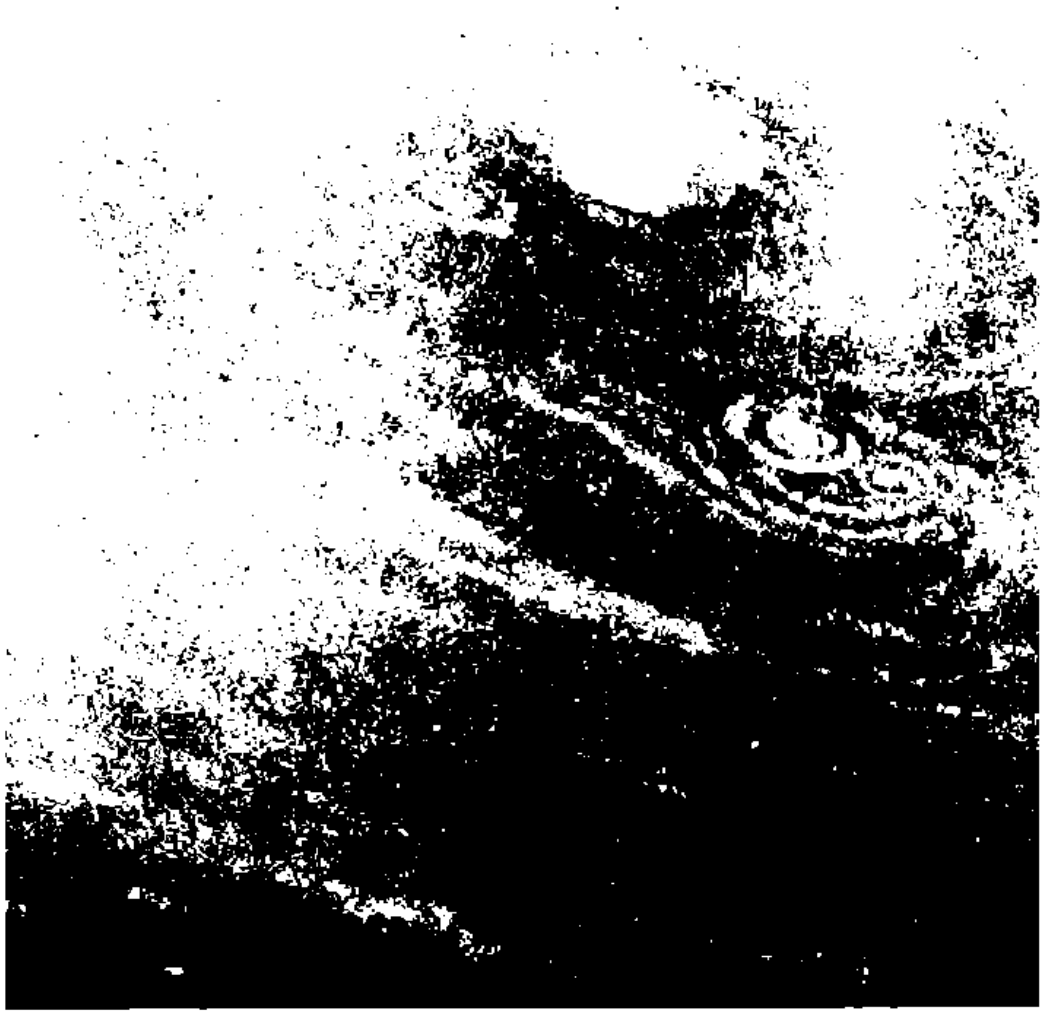
المغناطيسية إنما تنجم عن تيارات كهربائية . أما المبدأ الثاني ضمن التأثير الكهرومغناطيسي ، عندما يعرض موصل كهربائي (مثل السلك) لمجالات مغناطيسية متغيرة . أو عندما يحرك خلال مجال مغناطيسي يتولد فيه تيار بالتأثير .

وفي حالة المولد الكهربي (الدينامو) ، تحرك ملفات السلك الملفوفة على ساق في مجال مغناطيسي بوساطة التدوير . وإذا لم تكن لسلوك أية مقاومة للتيار الكهربائي ، وإذا لم تكن هناك مقاومة في الأجزاء المتحركة ، فيمكن أن يعمل زوج مكون من مثل هذا المولد الكهربي مع محرك كهربي (موتور) ، بحيث يعمل الإثنان معا إلى ما شاء الله : ساق المحرك تدير المولد ، والدينامو يولد تيارا ليحرك الموتور . أما في عالم الحقيقة ، على أية حال ، فلا يمكن التخلص من كل من المقاومة الكهربائية والميكانيكية . ومن اللازم أن تضاف بعض الطاقة من الخارج لتحقيق ذلك ، ولجعل المجموعة تعمل .

وفكرة الدينامو الخاصة بمجال الأرض الناجم عن المغناطيسية الأرضية يؤيد أن مثل هذه المجموعة ، المكونة من المحرك والمولد معا ، أمر يمكن مقارنته ، إلا أنه يختلف كثيرا في التفاصيل التي توجد في لب الأرض المتعسر . ونظرا لأن المولد الكهربي أو الدينامو الحقيقي ، ليس ناجحا تماما في عمله ، فإننا نجد أنه إعمالا لنظرية الدينامو ، يكون منبع تلك الطاقة الميكانيكية هو حركات حمل (دوارة) قد نشأ في لب الأرض الخارجي السائل ، من الحرارة الفائقة التي يولدها لب الأرض الداخلي الصلب الأصغر ، أو من الفوارق الكيميائية الموجودة بين اللب والستار . ولا يقتصر الأمر في اللب الخارجي على مجرد تسخين الحديد المنصهر ، ودورانه ، أو سريانه ليبرد ثم يعود ليسخن من جديد بطريقة رتيبة ، على غرار الهواء عندما يندفع من فرن هواء ساخن . إذ عوضا عن ذلك ، ونظرا لأن الأرض تدور ، فإننا نجد أن مسارات السيال تكون معقدة ، ودوارة .

وتعلل لنا نظرية الدينامو كلا من الترتيب والشذوذ المشاهدين في مجال الأرض المغناطيسي . والسائل الذي يفرضه دوران الأرض ، إنما يفسر لنا عدم الاختلاف التقريبي بين محوري الأرض المغناطيسي والجغرافي ، بينما طبيعة دوامات الحمل غير المتنظمة في اللب السائل ، تعلل لنا عدم وجود اتفاق تام بين الإثنين .

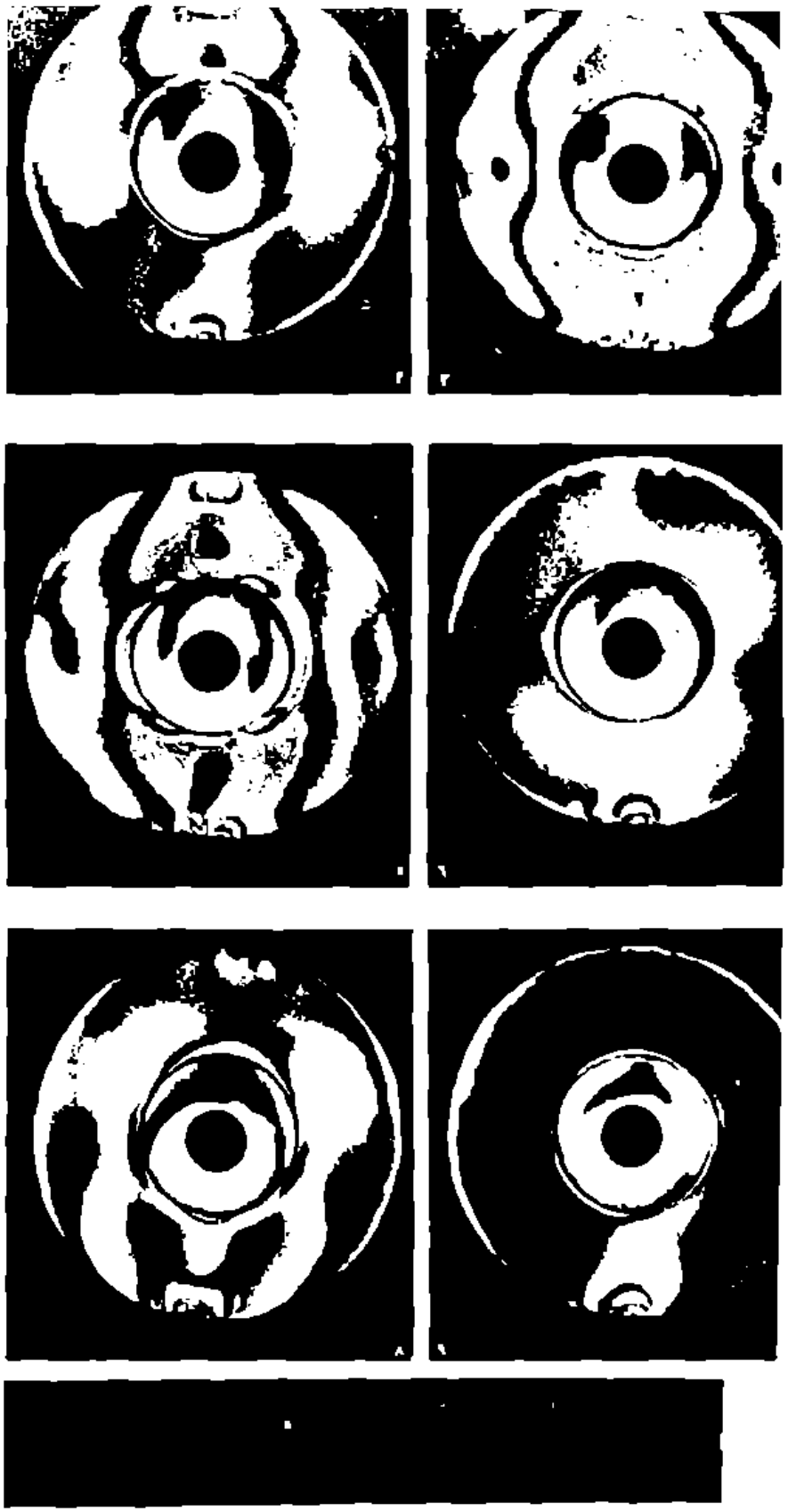
وعلى ذلك ، فإن أعمق أجزاء الأرض الداخلية تكون مجموعة ديناميكية تعمل على امتداد سلطانها على طول الطريق إلى السطح . والذي تم فهمه نظريا من سنين عديدة ، ولم يتم إثباته إلا باختبارات الصواريخ الحديثة . أن القوى المغناطيسية المتولدة داخل اللب تصل كذلك إلى الفضاء . لتؤثر عبر آلاف الكيلومترات قبل أن تضمحل ، وتصبح عديمة الأهمية . وكما سنرى ، تلعب تلك المنطقة العظمى من الماجنيتوسفير دورا هاما في طبيعة الوسط الموجود بين الأرض وانفجارات طاقات الإشعاع العديدة . وجسيمات الطبيعة التي تشعها الشمس ، وترسلها بصفة مستمرة .



تكونت الكواكب حول الشمس من الغاز ودوامات التراب . الأرض الأول والقمر الأول إلى اليمين في هذا الشكل الملون .

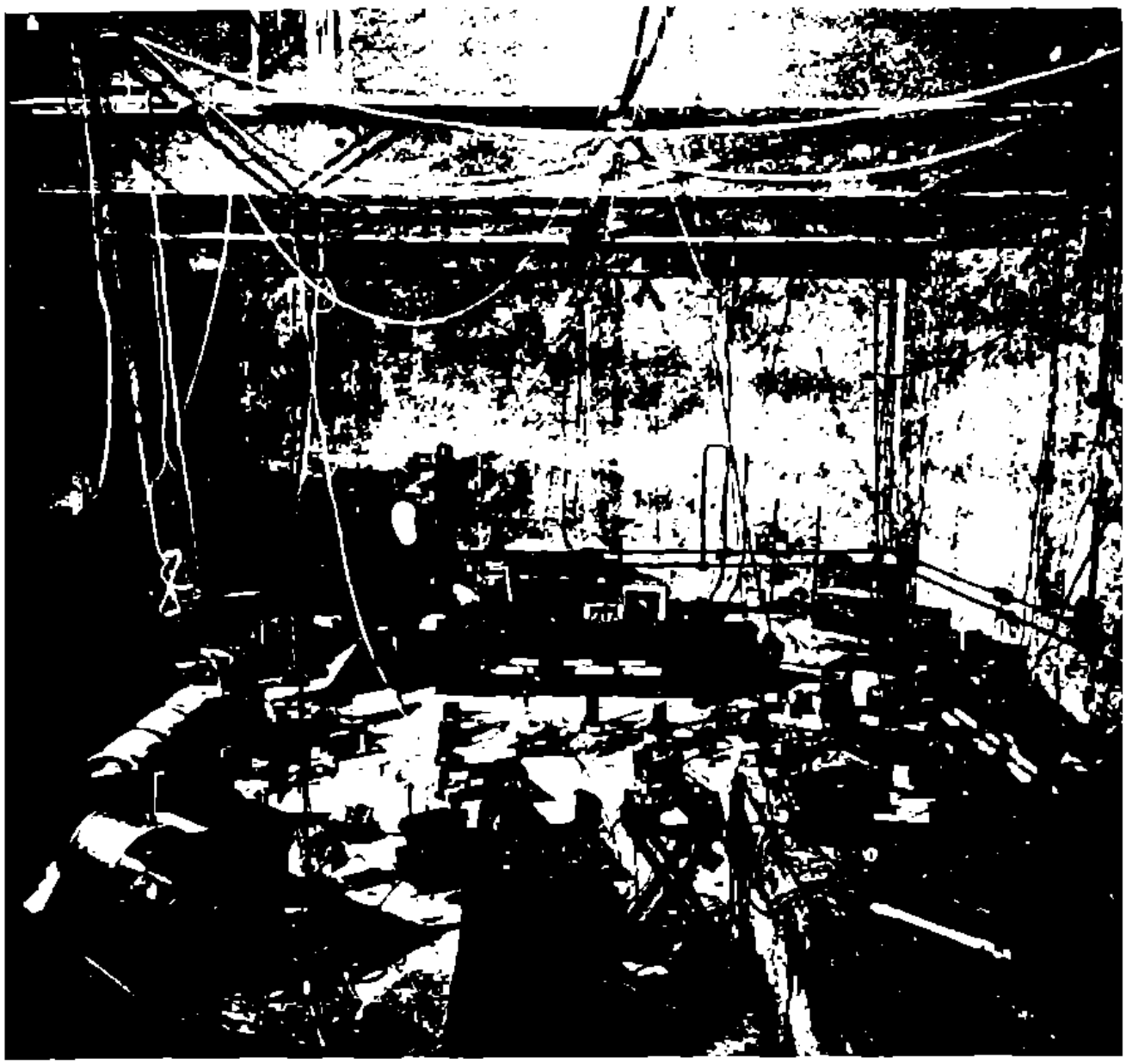
منذ أن أخذت الأرض الشكل المعهود في ظلمة الفضاء ، راحت قوى هائلة تعمل فيها ، من الخارج ومن الداخل . ولم يعد الذي يجري في باطنها غير مدرك كما كان من قبل . ومن مفاهيمنا المستمدة من الزلازل وثورانات البراكين ، راح الإنسان يدرك تقلبات كوكبه الغامضة .

الأرض متعددة الطبقات شبه لب داخلي مستمر . ومن المحتمل أنه ولد من الحديد غير المتصهر والنيكل ، ومن حوله حلقة خارجية أبرد المعدن المتصهر ، ثم ستار من الصخور الساخنة ، وقشرة رقيقة باردة .



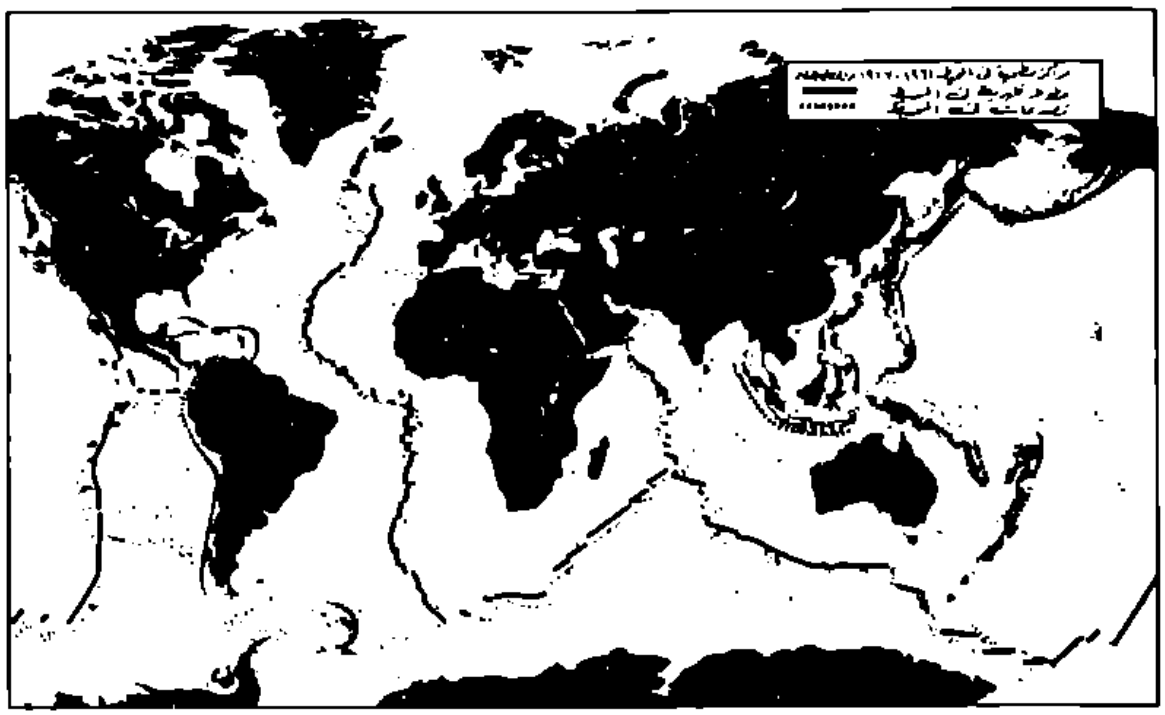
جهاز لياس الإجهاد فى أعماق نفق بأحد الجبال، يستخدم لقياس من الكوارتز طوله ٢٥ مترا، من أجل قياس تمدد وتقلص القشرة الأرضية .

من التجارب المماثلة التى على غرار التجربة الموضحة على الصحيفة المقابلة ، ومن الأجهزة التى على شاكلة مقياس إجهاد الأرض للدكتور هوجو بنيوف بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (إل أعلى) . تجمع العلوم معلومات متزايدة عن الزلازل ، وتكشف بعض أسرار تمدد وتقلص القشرة الأرضية بطريقة مستمرة غير واضحة تماما . فالقمر مثلا ، يولد المد والجزر على الأرض الصلبة ، كما يفعل فى المحيطات تماما ، مرتين فى اليوم ، ومع كل مد وجزر قد تصعد وتهبط أية نقطة على الأرض عدة سنتيمترات . وكذلك تستمر الأرض فى الاهتزاز بعد حدوث الزلازل العنيفة عدة أيام، بذبذبات كأنها ناقوس قد دق . وتلك الذبذبات منخفضة جدا بحيث يتعذر سماعها . وتكون « النغمة » الواحدة منخفضة ٢٠ جوابا تحت C الوسطى، ولكنها مع ذلك شديدة . ومن يقول بأنها تحرك لب الأرض الداخلى بصفة غير مباشرة عبر كسر من السنتيمتر . وما زال العلماء يدرسون الحركات الأخرى على طول خطوط الصدع ، لأن تلك الدراسة فى رأيهم قد تساعد على التنبؤ بمكان وزمان وجة الزلزال .



الأب جوزيف لنسن ، طالب مشهور بالبحث فى موضوع الزلازل ، يراقب أجهزة تسجيل الهزات الأرضية (سيسموجرافات) فى المرصد الذى تحت الأرض فى فوردهام

توقيع زلزال كما كتبته سبعة من الضوء على قطعة من ورق التصوير (فى اليسار) . قسمت قطعة الورق هذه المستخرجة من أحد سيسموجرافات فوردهام، إلى دقائق (الأعداد من ١ - ١٢) ، وحملت على أسطوانة تكمل دورتها كل نصف ساعة . وعلى ذلك، فإن قوام هذا الجزء من أعلاه إلى أسفله خمس ساعات ونصف . وفى خط نصف الساعة السادسة، تظهر هزات زلزالية . فى الابتداء الموجات الأولية (P) ، يتبعها الموجات الأبطأ الثانوية (S) ، وأخيرا الموجات السطحية(L). ومن الفترة الزمنية بين الموجات الأولى والثانية (٥ دقائق و٨ ثوانى)، حسب علماء الهزات الأرضية فى ١٨ أغسطس ١٩٥٩ ، بُعد مركز ذلك الزلزال فى سونتانا ، على مسافة ٣٥٣٠ كيلومترا من نيويورك .

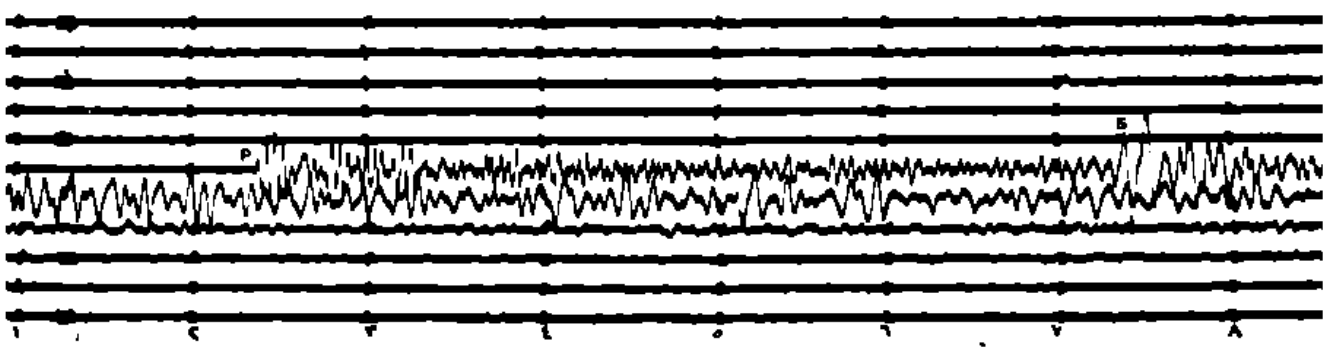


تظهر مناطق الزلازل العظمى على هذه الخريطة كتجمعات كثيفة من النقط السوداء . تغطى الخريطة فترة من النشاط قوامها ٢٠ عاما .

تتبع آثار الزلازل

عندما يحدث زلزال، تنتقل هزاته سريعا خلال جسم الأرض . وتلاحظ تلك التذبذبات بوساطة سجلات الهزات الأرضية (السيسموجرافات) . التى لا تنقطع يقظتها المستمرة فوق كل أرجاء الأرض . فتسجل الهزات الأرضية على هيئة خطوط غير منتظمة التعرج على ورق حساس (فى أسفل) . وبمقارنة قراءات عدة محطات، يستطيع علماء الزلازل تحديد بعد مركز الزلزال وقياس شدته .

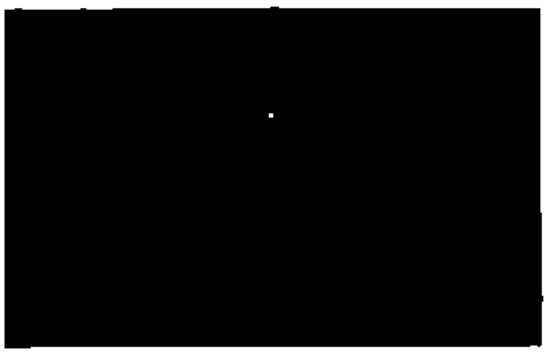
ولقد وجد علماء الزلازل ، بما لديهم من شبكة الأرصاد العالمية ، أن جسم الأرض أو كتلتها التى تبدو ظاهريا ثابتة وصلبة. إنما تتحرك بلا انقطاع . ولقد رسموا كذلك أحزمة زلازل الأرض على النحو الموضح فى الخريطة العليا ، كما اكتشفوا حديثا أن الزلازل يمكن أن تحدث على أعماق عميقة داخل الأرض . ولو أن معظم الزلازل ، وأكثر الزلازل تخريبا ، تنشأ على بعد عدة كيلومترات أسفل السطح داخل القشرة الأرضية . وهناك عدد منها ينشأ عند مستوى متوسط فى الستار — بين ٧٠ كيلومترا و ٣٠٠ كيلومتر أسفل السطح — ويصل عمق بعضها ٧١٨ كيلومترا ، وتحدث كل الزلازل العميقة هذه فى حزامى الزلازل الرئيسيين . ويأمل علماء الزلازل فى أن تؤدى دراسة تلك الإزاحات الأكبر عمقا، إلى تفهم الأسباب المترتبة عليها كل الزلازل ، وأخيرا إلى فهم العلاقة القائمة بين قشرة الأرض والستار .

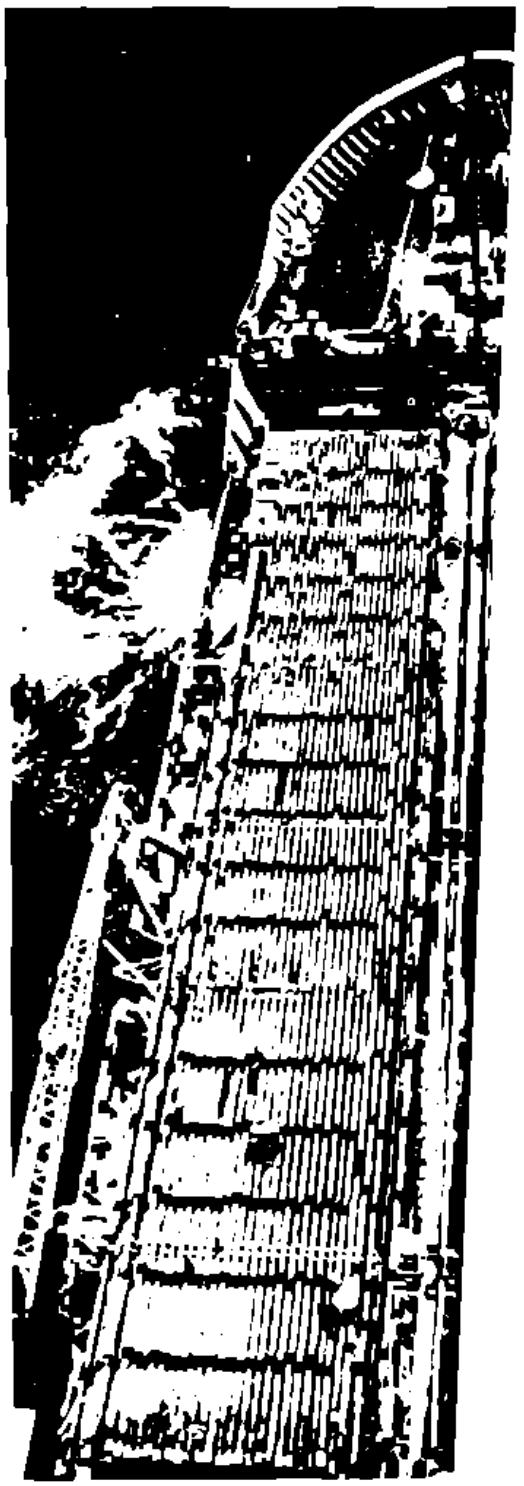


صدع أو فالق طاهر فى نيفادا الغربية .. يبين المكان الذى زحزحت القشرة الأرضية أكثر من خمسة أمتار ، لكى تخفف من انضغط الذى أو من أسفل . ولقد ولدت الحركة الفجائية زلزالا مخربا فى ديسمبر عام ١٩٥٤ .

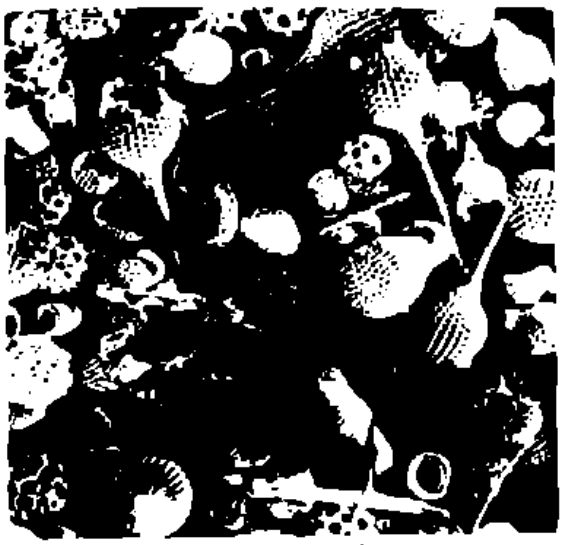
تماثل طريق منحنى بحركة صدع أو فالق كاليفورنيا عام ١٩٠٦ . القشر فى أماكن عديدة ، كما هى الحال فى صدع سان أندرياس ، تزحزحت فى ذلك الـ عندما حدث زلزال سان فرانسسكو .

عام ١٩٤٨ الذى قتل ٣٨٩٥ شخصا فى توكيو باليابان .





عملية الحفر والثقب في أعماق المحيط أثناء عمليات الوصول (موهو)



عينات من عصير (الأسباج) تعيش فصيلة احفورها الحفارون من أعماق كبيرة تحت قاع المحيط. ويعمل علماء الحفريات على دراستها واستنباط خفايا ، وتاريخ الأرض منها

التثقيب إلى حيث الستار

ما أن حلت ليلة ٢٦ مارس ١٩٦١ ، حتى كانت إحدى جرارات المحيط تسحب صندلا ثقيلا يحوض أمواج المحيط الهادى الثقيلة ، على بعد نحو ٤٢٠ كيلو مترا جنوب لوس أنجيليس . وكانت تلك السفينة هى كاس ١ ، وقد تم إمدادها ببرج طوله ٣٢ مترا ارتفع فوق سطحها ، وماسورة ثقب من الصلب طولها خمس كيلومترات ، ومقطعها ٢٠ مترا على ظهر السفينة . وعند منتصف الليل تقريبا ، أجريت مناورة السفينة إلى حيث مركز حلقة من العوامات ، ووقفت هناك ، بينما بدأ برجها فى إنزال حفار مرصع بالماس نحو قاع المحيط .

وكانت العملية من الاختبارات الخرجة لمشروع « ثقب موهول » ، وهو مشروع عمل ثقب خلال القشرة الأرضية ، للحصول على عينات من الستار ، الذى لم يسبق أن رآه الإنسان . ولم يحاول أحد قط أن ينزل حفار خلال أكثر من ثلاثة كيلومترات من ماء البحر ، وكانت هناك شكوك فى أن كاس ١ يمكن أن تظل ثابتة ، بدرجة تكفى لإنجاز العمل من غير أن تنثنى أو تتحطم ماسورة الثقب . ولكن لماذا الحفر فى قاع البحر ؟ السبب هو أن سمك القشرة يبلغ خمسة كيلومترات فقط تحت قاع المحيط ، بينما قد يصل سمكها نحو ٦٥ كيلومترا تحت أسطح القارات .

وفى خلال أسبوعين من القلق والانتظار ، عملت كاس ١ خمسة ثقوب اختبارية ، وبرهنت على أن الطريقة الفنية المتبعة كانت ممكنة . وسوف يحاول علماء مشروع (موهو) الاستمرار إلى نهاية الطريق ، إلى حيث الستار فى غضون سنوات .

تحل خطة حرجة عندما يتدفع العمود داخل المنطقة المخصصة له فى بئر وسط السفينة . إن ثمة خطرا يتمثل فى أن العمود قد يتحطم عندما تثير الأمواج وهى الحفار .

٣

ما البحر الذى يغطى ثلاثة أرباع الكرة الأرضية سوى ثانى أكبر الأشياء التى على الأرض . وأكبر منه اتساعاً إلى مدى يفوق حدود المقارنة ، محيط الغلاف الجوى ، الذى يتحكم فى حياة البشر وكل الكائنات الأخرى ، كما يتحكم الماء فى حياة السمك . فمن غير الأوكسجين الجوى ، تموت الكائنات الحية فى الحال تقريباً . ومن غير المطر ، والتعرية ، وتجوية الصخور (أو فعل الجو عليها) ، لا تكون هناك تربة يمكن أن ينبت فيها الزرع . ومن غير ثانى أكسيد الكربون ، لا يمكن أن تنتج النباتات مركبات الكربون ، وهى حلقة الاتصال الابتدائى فى سلسلة الغذاء التى تعتمد عليها حياة الحيوان كلها . ومن غير مظلة الارتفاعات العالية من الأوزون ، الذى يمتص الأشعة فوق البنفسجية القليلة من الشمس ، والتى لا تستقيم معها الحياة ، لأصبحت حياة البشر — إذا وجدت — مختلفة تماماً . ومع ذلك فهذه فقط قائمة جزئية بالخدمات الهائلة التى يقدمها الغلاف الجوى ، والتى يستمتع بها بلا مقابل ثلاثة آلاف مليون كائن بشرى . هم فى هذه اللحظة يستنشقون هواء الشهيق من ذلك الغلاف .

والجو عبارة عن خليط غير مرئى ، وربما غير ممكن استنفاده من الهواء ، وبخار الماء ، والدخان ، وذرات الغبار ، مضافاً إليه فى العصر الحديث كميات من الجسيمات ذات النشاط الإشعاعى المنتشرة فى السماء بوساطة التفجيرات النووية . وعند مستوى سطح البحر ، حيث قاع محيط الهواء ، يزن المتر المكعب من هذا الخليط نحو كيلوجرام ، وكتلة الغلاف الجوى بأسره ٥,٧٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن . أو نحو جزء من

مليون جزء من كتلة الأرض. والقوة التي بها تمسكه الجاذبية وتبقي عليه في مكانه، تجعله يعاني ضغطاً مقداره كيلوجرام واحد على السنتيمتر المربع عند مستوى سطح البحر.

ويقاوم الجسم البشري هذا الضغط أو الثقل، عن طريق بذل ضغط يساويه، ويتجه إلى الخارج لكي يوازن الضغط الجوي ويعادله، تماماً كما يفعل السمك لكي يعيش تحت ضغوط أكبر بكثير في أعماق المحيط. فسريعاً ما تتناقص كثافة الهواء بازدياد الارتفاع، حتى تتلاشى في الفضاء الخفيف الذي بين الكواكب، ولكنه يبقى محسوساً بالقدر الذي يكفي لحمل الطائرات والبالونات إلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلومتراً.

وإلى حين أن استطاع الإنسان وأجهزته ترك الأرض ليزيد من معلوماته، كان كل شيء خارج نطاق قشرة كوكبنا الرقيقة، المكونة من الهواء العادي الذي نتنفسه، يسمى ببساطة «الأثير». ومن أجل الحاجة إلى تسمية أكثر دقة، في السنين الحديثة، كان من اللازم أن تخضع الآراء العلمية الخاصة بالغلاف الجوي لمراجعات سريعة ومتكررة. وفي اتجاه تعقيد أكبر على الدوام. ومن بين الطرق المعاصرة لتقسيم وتصنيف السماء، أن نعمد إلى تقسيمها إلى خمس مناطق في اتجاه البعد عن سطح الأرض هي: التروبوسفير، والاستراتوسفير، والميزوسفير، والأيونوسفير، والأكسوسفير. ويتركز ثلاثة أرباع القدر الكلي من الغلاف الجوي في الطبقة السفلى من التروبوسفير، كما تحدث فيها وحدها الشابورة القرابية، والغبار، وتثار السحب والعواصف، وتعيش فيها كل الأحياء. وحدها الأعلى هو التروبوبوز، الذي تعينه تبادلات الهواء الساخن والبارد، على ارتفاعات تبلغ من الانخفاض حدود ٨ كيلومترات على القطبين، كما تبلغ من العلو أكثر من ١٦ كيلو متراً عند خط الاستواء. وفي داخل منطقة التروبوسفير، تهبط درجة حرارة الهواء كذلك مع الارتفاع بمقدار ٦,٥ درجة سنتيجراد (لكل ألف متر في المتوسط). ونظراً لأن التروبوبوز أقل ارتفاعاً عند القطبين، فإن درجة حرارته هناك تهبط فقط إلى حدود نحو ٥٠ درجة سنتيجراد تحت الصفر، ولكن فوق خط الاستواء فإنها تهبط إلى ٧٣ درجة سنتيجراد تحت الصفر. وفي كل مكان داخل التروبوسفير يعتبر الهواء، سواء كان ساخناً أو بارداً، جافاً أو رطباً، حميكاً أو رقيقاً — مخلوطاً ثابتاً مكوناً من: ٧٨٪ أزوت، و٢١٪ أوكسجين، و٠,٩٪ أرجون، و٠,٠٣٪ ثاني أوكسيد الكربون، مع آثار ضئيلة لستة غازات أخرى، بالإضافة إلى ما يحمله الهواء من قدر متغير من بخار الماء.

وعندما نبدأ من منطقة الاستراتوسفير الباردة، وهي طبقة تمتد من ١٥ إلى ٢٥ كيلو متراً إلى أعلى، ومن الميزوسفير الأكثر دفئاً (١٠ درجة سنتيجراد)، التي ترتفع إلى مستوى ٨٠ كيلومتراً، تحدث تغيرات كيميائية جوهرية في الهواء. ففي الطبقة الأولى منها، يضاف غاز الأوزون إلى المخلوط الذي يكون الهواء. وهذا هو نفس الغاز الذي يمكن تمييزه بسهولة بوساطة الشم عندما يتكون. ويلاحظ بوفرة من حول المولدات الكهربائية والأضواء فوق البنفسجية، وهو عبارة عن «أوكسجين ثقيل»، لأن كل جزيء منه يحتوي على ثلاث ذارت أوكسجين. وهو يتكون عندما يمر تفريغ كهربائي، أو نمر أشعة فوق بنفسجية قوية خلال الأوكسجين العادي. وفي جو الأرض العلوي، يمتص الأوزون كثيراً من الأشعة فوق البنفسجية التي تتدفق نحو الأرض مقبلة من الشمس.

وفي كل ثانية نمر، يقبل تريليون جسيم أولي من الأشعة الكونية من على بعد كبير من خارج المجموعة الشمسية، ويعبرها ليصل إلى جوار الأرض، محملا بقوة كلية تربو على ألف مليون وات. وعندما

الجبهة الباردة، هي الحالة المتقدمة لكتلة هوائية فيها الهواء البارد عظيم الكثافة، ولذلك فهو ثقيل، ويتقدم من اليسار إلى اليمين زاحفا فوق سطح الأرض، مزاحما كتلة هوائية أخرى أخف، مكونة من الهواء الساخن نسبيا. وعندما يزاح الهواء الساخن إلى أعلى، يقلل التبريد من قدرته على حمل بخار الماء، فتتكاثر السحب ثم يهطل المطر. وعلى ذلك فإن الجبهة الباردة كثيراً ما يميزها خط من السحب العاصفة، أو خط الغيوب كما يسمى أحيانا.

كتلة هوائية باردة

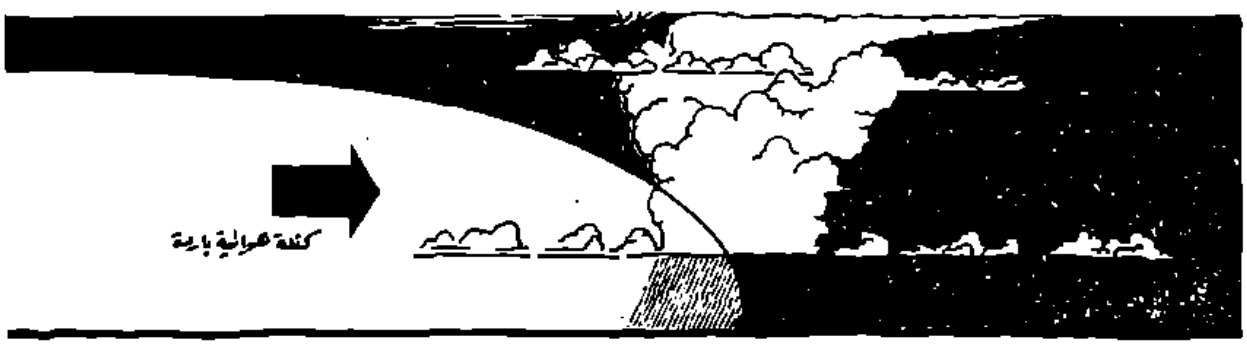
تصادم مع مكونات جو الأرض من ذرات وجزيئات ، يحدث ذلك التصادم وخات بين الجسيمات الثانوية . وهذه (الثانويات) هي التي تستمر في سيرها هابطة إلى سطح الأرض . وخلال كل ست دقائق ، يرتطم بكل سنتيمتر مربع من سطح الأرض ، ثمانية من هذه الجسيمات الأولية . وعلى ذلك فإن ألوفا منها ترتطم بجسم الإنسان في كل ساعة . ولهذه الجسيمات قوة اختراق عظيمة ، ولا مفر من التعرض المستمر للقذف بها ، ولكن شكراً للجو الذي يحمينا . ويقف كسد حاجز لا يعود علينا بالضرر ، بل ولا يحس الأحياء بسلطانه . ولو كانت تلك الجسيمات أشعة كونية أولية ، لنتجمت عنها آثار قاتلة فتاكة .

وعندما نبدأ من على ارتفاع ٨٠ كيلو متراً ، وننتهي إلى علو يمتد من نحو ٥٥٠ إلى ١٠٠٠ كيلو متر في الجو ، حيث تحدث تغيرات أساسية في الهواء ، نجد أن الأشعة الشمسية ، بالإضافة إلى الأشعة فوق البنفسجية المقبلة من الشمس ، تعمل على تأين الغاز المخلخل ، وتولد ذرات وجزيئات مشحونة بالكهرباء (بدلا من الذرات والجزيئات المتعادلة) ، بالإضافة إلى الكهارب الحرة الطليقة . وفي هذه المنطقة في الأصل طبقة من الأوكسجين ، وترتفع درجة الحرارة إلى حدود ١١٠٠ درجة سنتيجراد . إلا أن الهواء يبلغ أكبر حد من الرقة وقلة الكثافة – طبقة الأيونوسفير بأسرها ، ورغم ضخامتها ، تحتوي فقط على ٠,٠٠١ في المائة من حيث الوزن من الغلاف الجوي – حتى إن درجة الحرارة هنا لها مغزى ، ومعنى صغير ، من حيث التأثير على الأجسام ، وذلك نظراً لأنه لا يستطيع أي جسم ساكن داخل هذه الطبقة أن يمتص قدراً كبيراً من الحرارة من الغاز المخلخل .

ومنذ العديد من عشرات السنين ، عرف الإنسان رد طبقة الأيونوسفير للأمواج الراديوية ، وبهذه الوسيلة أمكن إنجاز الإذاعات بعيدة المدى . وكذلك عرف الخدمات التي تقدمها الطبقات الكثيفة الدنيا ، تلك التي تحول إلى رماد كل ملايين الشهب تقريباً التي تمطر سماء الأرض يومياً متناقلة إلى الأرض . وظل الأمر هكذا حتى بدأ الإنسان غزو ذلك الحاجز ودراسته ، باستخدام الصواريخ أثناء وبعد السنة العالمية لطبيعيات الأرض ، فاستطاع جمع معلومات حقيقية عن الإكسوسفير ، التي تمثل نهاية كل الطبقات الهوائية من أعلى . وفي عام ١٩٦٢ فقط حددت إحدى مكونات الإكسوسفير ، وهي الطبقة المعروفة باسم الماجنيتوسفير ، واعتبرت بمثابة المصيدة الجبارة التي تحتبس جسيمات تحت الذرة المقبلة من الشمس . وفي نفس الوقت تقريباً ، تمخضت عمليات سبر غور الفضاء البعيد عن معرفة بعض الأشياء عن تركيب الإكسوسفير . هناك طبقة سمكها ١٥٠٠ كيلو متر من غاز الهيليوم المتفوق والمنتشر في خفة ورقة ، تحيط بها طبقة من الأيدروجين تمتد إلى ما بعد ٩٥٠٠ كيلو متر أخرى ، قبل أن تتضاءل متلاشية إلى خلو الفضاء وعمقه . وفي الإكسوسفير تكون الذرات والجزيئات بعيدة عن بعضها بعضاً بعداً كبيراً ، بحيث إنها قلما تتصادم ، وفي الحقيقة يفلت بعضها من الأرض إلى ما شاء الله .

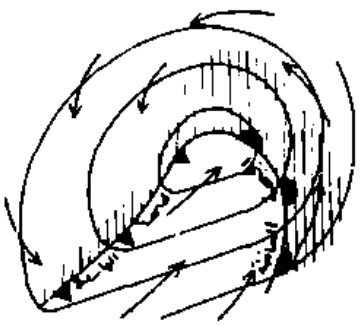
ومن هذه الرحلة السريعة ، مبتدئين من الداخل متجهين إلى الخارج ، يتضح أن الجو لا يمكن أن يكون خاملا خاملاً . فعمله الأكبر ، من بين الكثير من الوظائف الأخرى ، أن يفيد كآلة عظمى ، مستخدماً الإشعاع الشمسي مصدراً للطاقة ، بغية إطلاق تيارات الهواء التي تجري منسابة ومولدة الدوامات من حول الأرض . ويعني آخر أن غلاف الأرض الجوي هو الذي يكون الرياح ، ومن ثم الطقس . ولكي نفهم الطريقة التي تعمل بها تلك الآلة ، علينا أن لا ننسى أنه في كل درجات الحرارة ، تشع كافة

تتدفع من خلف كتل هوائية هادئة ، بصورة كتل هوائية ساخنة نسبيا وأقل كثافة – يعني أخف وزنا – وتروح متسلقة فوق الهواء البارد المستقر ، مكونة منحدرا هوائيا طويلا ، يمتطي حزاما عريضا من المطر ، عندما يرتفع الهواء الساخن نسبيا ويبرد . ومن الجائز أن تشاهد السحب المثارة في أعلى الهواء البارد من على مسافة ١٥٠٠ كيلومتر ، أمام وقبل عدة أيام من وصول الجبهة الساخنة ، التي تنذر تلك السحب بالقرب منها .



الأجسام موجات كهرومغناطيسية من نوع أو آخر . وحسب ترتيب أطوال الموجات ترتيباً تنازلياً ، تتضمن تلك الإشعاعات موجات راديوية ، (طويلة وقصيرة منحدرة إلى الموجات الدقيقة المستخدمة فى الرادار) ، وموجات تحت الحمراء ، وموجات الضوء المرئى ، فالأشعة فوق البنفسجية ، فأشعة إكس أو السينية ، ثم أقصر الموجات كلها أو أشعة جاما .

ولكل هذه الموجات نفس الصفة الطبيعية ،ولكن أطوالها المتباينة تجعلها تسلك سلوكاً مختلفاً . فكلما كان الجسم أكثر حرارة ، كلما ازدادت كمية الطاقة الكهرومغناطيسية التى يشعها ، وقصرت متوسطات أطوال موجات تلك الطاقة . ودرجة حرارة سطح الشمس هى بحيث أن أكبر قدر تشعه من الطاقة يقع فى مدى أطوال موجات الضوء المرئى . ومع ذلك ، فإن التروبوسفير – حيث فى حدوده يحدث ما نسميه بالطقس – لا يتأثر مباشرة بهذه الأشعة الضوئية . وعوضاً عن ذلك ، فإن كل ما يمر من الإشعاع الشمسى يمكنه فى الفضاء ثانية الغبار والسحب ، أو تمتصه طبقة الأوزون ، ويمر مباشرة خلال مستويات الجو السفلى ، إلى أن يرتطم ويدفئ الأرض وسطح المياه .



وتمثل الأرض هذه الأشعة الشمسية ، وتقوم بدورها بقذف إشعاعات معظمها من الموجات الطويلة من الأشعة تحت الحمراء . ويمتد كل من ثانى أوكسيد الكربون وبخار الماء ، فى هذا الجو ، من أحسن الأشياء التى تمتص تلك الأشعة ، وكنتيجة لهذا ، فإنهما يتضمنان تقريباً مثل هذه الطاقة التى تشع من سطح الأرض . وبهذه الطريقة فإن التروبوسفير يجعله يغلو ساخناً ، والمصدر الأساسى لهذه الحرارة هو الشمس ، لأن أشعتها تدفئ سطح الأرض ،وتحتفظ بإشعاعاتها تحت الحمراء.ومهما يكن من شئ ، فإن حرارة الجو الفعلية تكون من أسفل ، وليس من أعلى ، كوعاء موضوع على موقد .

على أن أشعة الشمس لا تدفئ كل مكان فى الأرض بطريقة متطابقة ، ومن ثم فإن سطحها ليس متساوى الإشعاع فى كل بقعة . وكما سبق أن رأينا،فإن أشعة الشمس تصل إلى الأرض متعامدة تقريباً على المنطقة الاستوائية،ولكن بزاوية متفرجة قرب القطبين . ولهذا كان الهواء الاستوائى أكثر دفئاً من نظيره القطبى . وإن هذا الفرق فى درجة الحرارة هو الذى يحول الغلاف الجوى إلى آلة حرارية ، تدفع بالرياح فى مسالكها.وإذا لم تكن الأرض تدور وتلف ، لانطلقت تلك التيارات الهوائية تسرى فى انتظام كامل : يرتفع الهواء الساخن قرب خط الاستواء منساباً نحو القطبين ، بينما يهبط الهواء البارد عند القطبين منطلقاً نحو خط الاستواء ، فى دورة مستمرة تدأب على إنجاز ذلك التبادل . ولكن دوران الأرض يغير هذا النمط البسيط فى نصفى الكرة الأرضية . فعندما نبدأ من القطبين متجهين نحو خط الاستواء ، نجد هناك أولا سمتاً أو إزاحة للهواء نحو الغرب فى طبقاته السفلى ، ثم إزاحة نحو الشرق فى العروض الوسطى . وأخيراً إزاحة أخرى نحو الغرب قرب خط الاستواء . والنمط الذى يمثل سلوك الهواء فى نصف الكرة الأرضية، هو صورة كاملة لنمط سلوكه فى النصف الآخر : تهب الرياح الشرقية فى المناطق المدارية الشمالية – الرياح التجارية* – من الشمال الشرق ،بينما تهب نفس الرياح التجارية الشرقية جنوبى خط الاستواء من الجنوب الشرق . وأصل تسمية « الرياح التجارية » يرجع إلى عصر السفن الشراعية . عندما كانت تلك الرياح الثابتة هى أساس التجارة عبر المحيطات .

ولا تشترك الرياح الغربية ، التى تهب على العروض الوسطى ، مع الرياح التجارية فى انتظامها وثبوتها . فهى ، بدلا من ذلك ،تنقسم إلى دوامات كبرى عظيمة الارتفاع ، كما تمتد أفقياً عبر آلاف الكيلومترات . ومن تحت هذه الدوامات العظمى (يوجد منها على كل نصف كرة من ٣ إلى ٦ فى أى لحظة معينة) دوامات أخرى عديدة أصغر ، تنشط خلال ساعات قليلة أو أيام قبل أن تضمحل ليحل غيرها محلها . والدوامات الأكبر أكثر مكثاً وبقاء . وقد تتحرك إحداها نحو الشرق ، فتظل عدة أسابيع من قبل أن تفقد معالمها وسط الحركة غير الانسيابية العشوائية . وإن مولد ونمو هذه الرياح الدوارة هما المسئولان عن تغيرات الطقس فى عروض الأرض الوسطى .

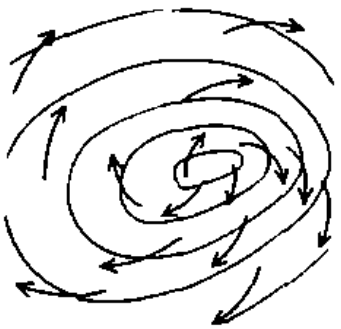
والدوامة الأصغر ، التى تتولد حول مركز ضغط جوى خفيف ،تكتسب حركة دوران وتبدأ فى اللف

---

* الاسم السائد هو التجارية ، ولكن الأفضل أن تسمى الثوابت ، لأن الثبوت والانتظام من أهم صفات هذه الرياح على البحار والمحيطات .

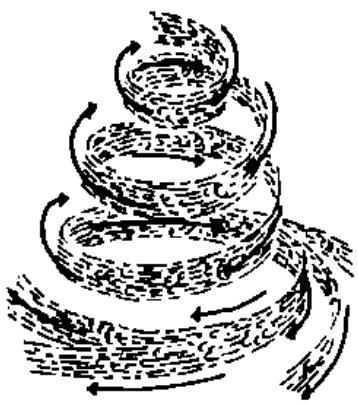
ضد اتجاه عقرب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ، ومع عقرب الساعة فى النصف الجنوبى ، وتسمى مثل هذه الدوامة الدوارة باسم (السيكلون) أو الانخفاض الجوى العرضى ، ولكن ليس من الضرورى أن تعطى الرياح العاصفة نفس الاسم . وتهيئ لنا هذه الدوامة ، فرصة مراقبة الآلة الجوية وهى تعمل على مقياس صغير . فلماذا يلف السيكلون ؟

للإجابة عن ذلك ، نقول إن الهواء الذى فى مركزه يكون أخف — أقل ضغطاً — بينما الهواء المحيط بالدوامة هواء أثقل — أعلى ضغطاً — وعلى ذلك ينطلق الهواء الأثقل إلى الداخل ، نحو المركز ، وبسبب دوران الأرض انحراف هذه الحركة المتولدة إلى الداخل . وعندما ندرس الحالة العكسية ، التى تتولد فيها الدوامة من حول كتلة هوائية عميقة وعظيمة الكثافة ، وضغطها أعلى من الهواء الذى يحيط بها ، يسرى الهواء مندفعاً إلى الخارج بعيداً عن مركزها . ويكون اللف فى الاتجاه المضاد تماماً لاتجاه اللف فى الحالة الأولى . وتعرف مثل هذه الدوامة باسم (الأنتيسيكلون) ، أو منطقة الارتفاع الجوى .



وتعتبر دوامات الهواء العظمى أكبر العلامات وأهمها على خرائط الطقس . وكثيراً ما تكتسح الولايات المتحدة فى الشتاء ارتفاعات جوية مقبلة من كندا ، تتميز بعظم الجفاف والبرودة . وعندما تحل مثل هذه الكتلة الهوائية فوق منطقة ما ، يصبح الطقس تبعاً لها باردا والسماء صافية ، مع احتمال إثارة بعض السحب الركامية بعد الظهر ، بسبب تسخين الأرض بوساطة الشمس . وفى الصيف كثيراً ما تسود الانخفاضات الجوية العرضية الرطبة المقبلة من خليج المكسيك ، وتتحكم فى جو شرق الولايات المتحدة . فتعطى أياماً ساخنة رطبة ، هواؤها ساكن .

والخط الذى يفصل بين كتلتين من الهواء تختلف درجة حرارتهما ، يسمى (الجبهة) . وتمثل الجبهة الباردة الهواء البارد ، الذى يحل محل الهواء الساخن نسبياً . وتتحرك الجبهة الساخنة بحيث يحل الهواء الساخن محل البارد . ويبرد الهواء الساخن الموجود على امتداد أية جبهة منها نتيجة الارتفاع ، مكوناً السحب وسبباً هطول المطر . وسترى هذه الظاهرة بأجلى معانيها على الجبهة الباردة ، التى تعطى عواصف أكثر عنفاً . ومن أهم الحادثات الجوية الملفتة للنظر ، اقتراب وصرور جبهة من الجبهات . وعلامة اقتراب الجبهة الساخنة ظهور سحب السحاق (ذيول المهر) فى أعالى السماء . وتمثل تلك السحب الأبخرة المتكاثفة عند الأطراف المتقدمة للهواء الساخن المقبل ، الذى ينساب فوق الهواء البارد العائد . وسريعاً ما تغطى السماء طبقة رقيقة من السحاق الطبقى لبنية اللون . وما أن تمضى عدة ساعات ، حتى تظهر سحب رمادية اللون منذرة بالسوء من نوع الطبق متوسط الارتفاع ، يعقبها المزن الطبقى السميك ، المنخفض ، المعتم ، الذى يظلم السماء ، ويبدأ هطول المطر . وأخيراً يحل الهواء الساخن كلية محل الهواء البارد ، من أعلى إلى أسفل ، ومن ثم تثبت درجة الحرارة ، ويتوقف هطول المطر ، ويكاد يثبت الطقس ، أو يظل على وتيرة واحدة ، إلى حين وصول الجبهة التى تليها .



وعندما تصل الجبهة الباردة ، يكون تتابع الحوادث أسرع وأكثر وضوحاً . فالهواء البارد المقبل يكون أثقل من أن ينساب فوق الهواء الساخن أثناء انطلاقه ، وبدلا من ذلك يتدفق من تحته . ويتكاثف الهواء الساخن الرطب نتيجة رفعه إلى أعلى بوساطة كتلة الهواء البارد المتقدمة ، مكوناً صفاً رأسياً عظيماً من سحاب المزن الركامى . وتظهر الجبهة الباردة عندما تكون واضحة المعالم على هيئة خط المطوب ، وتكون صورة مميزة له السحب الداكنة المثارة على خط مستقيم كالمسطرة من الأفق إلى الأفق ، وهى تتقدم مكتسحة السماء من الغرب أو الشمال الغربى ، وما أن تدخل أو تحل ، حتى تعانى الرياح تغيراً سريعاً من الجنوب الغربى إلى الشمال الغربى ، وتهبط درجة الحرارة ، ويبدأ هطول وابل من المطر ، تسبقه نفحات رياح شديدة غير منتظمة ، وقد تحدث عاصفة رعد شديدة ، تتضيف الصوت والضوء إلى تتابعات درجة الحرارة . وبعد مضى نصف ساعة أو نحو ذلك ، يكون خط المطوب قد قارب الاختفاء بعيداً عن النظر نحو الشرق ، بينما تظهر سماء صافية فى الغرب ، وتهب الرياح الشمالية الغربية بانتظام أكبر ، كما تصبح جافة باردة ، ويسود طقس يتميز بصفاء السماء . وبطبيعة الحال لا تجلب كل الجبهات الباردة معها مثل هذه الظواهر المميزة ، لكن هذا النمط يألفه سكان القرون الوسطى .

وأحياناً يكون الجو المضطرب غير المستقر الذى فى جوار خط المطوب ، دوامة من الهواء سريع الدوران . وتظهر الدوامة على هيئة سحابة كالقمع الضيق الذى يمتد إلى الأرض ، ولكن أبسط ما فيه أنه

يحتوى على رياح تبلغ سرعتها مئات الكيلومترات فى الساعة . وتسمى الدوامة التى من هذا النوع باسم (التورنادو) على الأرض ، ونافورة الماء فوق المحيط . ونحن لا نعرف إلا القليل جداً عن الحالات التى تسود داخل الرياح الدوارة ، نظراً لأن أى جهاز قد يوجد فى مسارها يصيبه التلف والتدمير على الدوام.

ولقد عاش قليل من الناس ممن شاهدوا عياناً مثل هذه الرياح الدوارة ، وتحدثوا إلينا فى شأنها . وأحد هؤلاء هو ويل كيلر ، فلاح من ولاية كانساس ، الذى تجرأ على أن يخرج من مخبئه الخاص بالأعاصير ، عندما اجتاح المنطقة تورنادو عام ١٩٢٨ ، فوجد من فوقه الدوامة المقرغة التى يبلغ عرضها من ٣٠ متراً إلى ٤٠ متراً ، بينما أضاءت جدرانها شرارات البرق المتوهج . وكانت هناك دوامات صغيرة تتكون داخل الدوامة الرئيسية ، وترسل أزيزاً صاخباً كلما انفصلت عن الدوامة الرئيسية . وفى عام ١٩٥٥ ، اعترضت سبيل أحد سائقى السيارات عاصفة تراب سميكة ، وهو فى طريقه بالقرب من سكونسيلف بولاية نيراسكا. وعندما تأكد من أنها لم تكن عاصفة تراب عادية ، أوقف عربته . وبعد ذلك ورد فى تقرير بمجلة (منثلى ونو ريفيو) ، التى ينشرها مكتب الأرصاد الجوية ، ما نصه : « حدث دوى وهدير ، وتحطم الزجاج ، عندما طاحت الأثقال والنوافذ . . . وقد جذب رأس زوجته فى حجره ، وانثنى من فوقها لكى يحمى وجهيهما . ومرت لحظة من السكون النسبى ، فرفع رأسه لينظر من خلال زجاج النافذة المحطم ، فرأى ألواحاً كبيرة ، فروعا من الشجر ، وحفرة ساقية فى مثل حجم رأس الرجل ، كلها تطفو من حول العربة... وحدث ارتطام بالأرض ، وهذا كل ما وعاه وتذكره عندما أفاق من إغمائه فى إحدى المستشفيات . وفى واقع الأمر ، فقد الإعصار بالإثنين معاً بعيداً عن العربة ... ويلوح أن الزوجة ماتت فى الحال . وطويت العربة ، وتحولت إلى كتلة من المعدن عديمة الشكل » .

وفى العادة يبلغ عرض التورنادو بضعة مئات الأمتار ، وهى تنتقل متحركة بسرعة ربما تكون ٤٠ كيلومتراً فى الساعة ، خلال مسافة تتراوح ما بين ربع الكيلومتر إلى ١٥٠ كيلومتراً أو أكثر من قبل أن تتلاشى . وربما كانت مناطق الولايات المتحدة الوسطى هى أكثر أجزاء العالم تعرضاً للتورنادو ، فهناك تتكون تلك الأعاصير بسرعة عظيمة ، من غير أن يتوقعها أحد ، فالوجه أن الحماية منها تتوقف أساساً على النزول إلى مخابئ قوية ضد الإعصار ، كلما ظهرت عاصفة رعد . وفى العادة تكون نافورات الماء أكثر اعتدالا بالنسبة إلى التورنادو ، رغم أنها أيضاً تستطيع إحداث تدميرات عنيفة . ويحتوى الجزء الأسفل من نافورة الماء على بعض المياه المالحة المسحوبة إلى أعلى من البحر الذى من تحتها ، إلا أن معظمها مكون من الماء العذب ، الذى يتم تكاثفه من السحب التى تكون بناءها الأساسى .

وهناك بقاع عديدة تشاهد فيها رياح محلية متنوعة وغريبة ، تكاد لا تتصل بدورة الرياح العامة على الأرض . ومن الأمثلة البسيطة على ذلك ، نسيم البر والبحر المألوف على السواحل . والسر فى وجود هذه الرياح هو حقيقة أن درجة حرارة سطح المحيط تظل ثابتة تقريباً ، بينما درجة حرارة سطح الأرض قد تخضع للبليايات واسعة . وفى اليوم الحار يصبح الشاطئ ساخناً ، بحيث يرتفع الهواء الذى من فوقه ، بينما الهواء الأبرد والأكبر كثافة الذى فوق الماء — نسيم البحر — يهب ليحل محله . أما أثناء الليل ، فإن الساحل يبرد سريعاً ، وتنعكس دورة الهواء . فالهواء الذى على الأرض يكون آنئذ أكثر كثافة ، فيهب نسيم الأرض إلى البحر .

وأكبر أفراد أسرة نسيم البر والبحر ، تلك الرياح التى نسميها الرياح الموسمية فى آسيا ، وهى تخضع للتباين فى درجات الحرارة بين الأرض والبحر فى الصيف وفى الشتاء ، بدلا من أثناء النهار وأثناء الليل . ففى الشتاء تكون الهضبة الآسيوية عظيمة البرودة ، بحيث يصير الهواء الذى فوقها أكبر كثافة بدرجة كبيرة من الهواء الذى على بحر الصين والمحيط الهندى إلى شرقه وجنوبه . وعلى ذلك تهب رياح منتظمة جافة باردة من اليابس إلى الماء على طول الساحل من أكتوبر إلى إبريل ، ويجرفها دوران الأرض لتصبح رياحا شمالية شرقية فى بحر الصين ، والجزء الشمالى من المحيط الهندى . أما فى الصيف ، فإن آسيا تسخن أشعة الشمس فيرتفع الهواء الذى عليها ، بينما ينطلق نحوها الهواء الأبرد من المحيط . وتجلب معها الرياح الموسمية الصيفية هواء التقط الوفير من بخار الماء أثناء مروره على البحر ، وما أن يدخل جنوب شرق آسيا ، حتى يصيبها بوابل من الأمطار التى تهطل فوق مساحات واسعة .

والمناخ الموسمى الذى من هذا النوع ، لا يكون فيه الطقس إلا من نوعين :
الطقس الرطب فى الصيف ، والجاف فى الشتاء ، وهذا يختلف تماما عن تتابع التقلبات الجوية فى مناطق العروض الوسطى .

وهناك رياح محلية أخرى ، تتحكم فيها طبيعة السطح ودرجة الحرارة . فقد يحدث أن يراق الهواء البارد الجاف على سلسلة جبلية فجأة ، بعد تجمعه على جانب هبوب الرياح من السلسلة لفترة من الزمن ، فيندفق هابطا إلى الوديان المتاخمة بقوة عظيمة . ورياح المسترال تتكون من هواء بارد مصدره ثلاجة الرون ، تتدفق منسابة أسفل وادى الرون إلى البحر معظم العام ، بينما رياح البورا فى الأدرياتيكى تتبع مصدرا مشابها فى جبال يوغوسلافيا . وجغرافية البحر المتوسط ، الذى تحف به الجبال العالية فى الشمال ، والصحراء الساخنة فى الجنوب ، هى المسئولة عن هبوب عدد من الرياح المحلية الملحوظة . فأحيانا تهب رياح ساخنة من الصحارى هى السيروكو ، وتتجه شمالا عبر البحر المتوسط ، فتسبب تراكم مقادير من بخار الماء كافية لجلب المطر إلى صقلية وساحل إيطاليا .

ولأولئك الذين يعيشون على سواحل محيطات العالم علمهم الوجيه فى الخوف من دخول الخريف ، عندما يزيد احتمال الأعاصير الاستوائية على البحر ، ثم تكتسح قمرها أثناء مرورها فى حوزة الرياح التجارية ، وتسبب التلف والدمار عندما تكتسح الأرض وما عليها . وفى أغلب الأحيان يكون هدف الأعاصير الاستوائية هو الشواطئ الغربية لشمال الأطلنطى ، وشمال وجنوب الهادى والمحيط الهندى ، ولكنها غير معروفة فقط فى جنوب الأطلنطى والجزء الشرقى من جنوب الهادى . وهذه الأعاصير الاستوائية الجبارة نادرة إلى حد كبير (يتكون منها فقط ٤٨ فى المتوسط طول العام على العالم كله) ، ولكن قوتها العظمى تجعلها فى قائمة وحدها ، مع الزلازل ، بوصفها أكبر ظواهر الطبيعة تدميرا .

وعندما يولد إعصار كالتيفون والهاريكين ، يبدأ على هيئة منطقة من الضغط الجوى المنخفض فوق محيط مدارى . ويسرى الهواء الساخن المحمل ببخار الماء منسابا نحو هذه المنطقة ، ثم يروح مرتفعا فى داخلها . ويتكاثف بخار الماء الموجود فى عمود الهواء الساخن الصاعد مكونا السحب والمطر ، كما يطلق قدرا عظيما من الحرارة بهذه الطريقة . وتعمل هذه الحرارة بدورها ، على تعجيل انسياب أو تدفق الهواء إلى أعلى . وربما تصل مقادير المياه التى يستخلصها الهاريكين فى كل ثانية من المحيط والهواء المتجمع داخلها بنحو ربع مليون طن ، وتطلق عمليات تكاثف هذه المقادير فى اليوم الواحد طاقة تعادل الطاقة المنبثقة من تفجير ١٣٠٠٠ ميجا طن قنبلة نووية . فكلما ازدادت سرعة الهواء المسخن بهذه الطريقة ، يتجمع هواء آخر جديد على مركز الإعصار بسرعة متزايدة على الدوام . وبهذه الكيفية ، يمكن توليد رياح تبلغ سرعتها من الكبر حدود ٣٥٠ كيلو مترا فى الساعة . ويعمل دوران الأرض على تحويل الرياح المنسابة نحو مركز الإعصار إلى اليمين فى نصف الكرة الشمالى ، وإلى الجنوب فى النصف الجنوبى ، ويؤدى ذلك إلى اللف والدوران ضد عقرب الساعة ومع عقرب الساعة ، على النحو الذى ذكرناه عند الحديث عن انخفاضات العروض الوسطى العرضية . وتوجد فى مركز الهاريكين مساحة يغطيها الهواء الساكن عرضها عدة كيلو مترات ، تسمى « عين » الإعصار . وتحيط بعين الإعصار حلقة من السحب السميكة تنهمر منها أمطار غزيرة جدا ، وفى هذه الحلقة تكون سرعة الرياح على أكبر قدر مزعج يمكن الوصول إليه . وقد يحدث أن تتغير سرعة الرياح بمقدار ١٥٠ كيلو مترا فى الساعة أو أكثر ، عبر مسافة طولها كيلو متر واحد داخل الحلقة .

وإن جلجلة الهاريكين ذاتها هى كابوس ربع عصر تصنع الأعاجيب ، مع وابل المطر الذى ينهمر بلا هوادة ، والظلام الذى يخيم مع السحب السميكة عندما تغطى السماء . وإذا ما مرت (العين) فسوق الرؤوس ، تضاءل الشغب والاضطراب ثم يقف فجأة ، وتهبط سرعة الرياح إلى النسيم ، ويقف هطول المطر ، كما تظهر أجزاء من السماء الزرقاء وسط السحب الخفيفة المتناثرة . ولكن تصبح النفحات الهوائية قصيرة المدى ، وسرعان ما يحل مرة أخرى جسم العاصفة الكامل ، وقد أقبلت الرياح من الاتجاه المضاد ، ويتميز أبتعاد الهاريكين بتتابع من ألوان الطقس ، على عكس ما يحدث عند اقترابها .

والذى يحافظ على نشاط مثل هذا الإعصار هو الحرارة وبخار الماء، اللذان يمتصهما من سطح الأرض، ولذلك تجده يضعف ، بل ويختفى عندما يجرد من مصدر الطاقة هذا . وقلما تستمر الهاريكين فى سيرها عبر مسافات كبيرة على اليابسة ، وإذا ما تركت اليابسة نهائيا بأن اتجهت نحو القطب ، فسرعان ما يعمل الماء البارد، الذى يقع عليه مسارها، على التقليل والحد من عنفها .

وفى خلال عام واحد ترفع الآلة الجوية ، باستخدام الأجهزة القوية مثل التيفون ، والموسميات ، والأجهزة المماثلة التى على غرار أشعة الشمس ، نحو ١٠٠,٠٠٠ كيلو متر مكعب من الماء ، وتضيفها إلى الهواء من البحر والقارات . وكل ما يصعد فى عملية البخر الضخمة هذه ، يجب أن يعود فى النهاية ، ويتساقط معظمه على هيئة مطر . ولكى يتساقط المطر، والثلج، والجليد المتسبح، أو البرد، يجب أن تتار السحب. وحتى الهواء الذى فى حالة فوق التشبع ببخار الماء، لا يمكنه عادة أن يولد السحب، ما لم تتوفر فيه ملايين الملايين من « نوى التكاثف » . وقد تكون نواة التكاثف عبارة عن جسيمات ملح الطعام الذى يذروه رذاذ البحر ، أو الغبار الدقيق ، أو جسيمات الدخان المتصاعد من حرائق الغازات والوحدات الصناعية ، أو من نتاج احتراق البراكين ، أو حتى الأكاسيد التى تجتذب الماء، أو ما ينتج من مركبات الأزوت فى أعقاب البرق . ولقد قدر بالحساب أن ثوران كراكاتوا عام ١٨٨٣ ملأ الجو بنوى تكاثف تكفى لإمداد ١٠٠٠ يوم مطير على الأرض بأسرها .

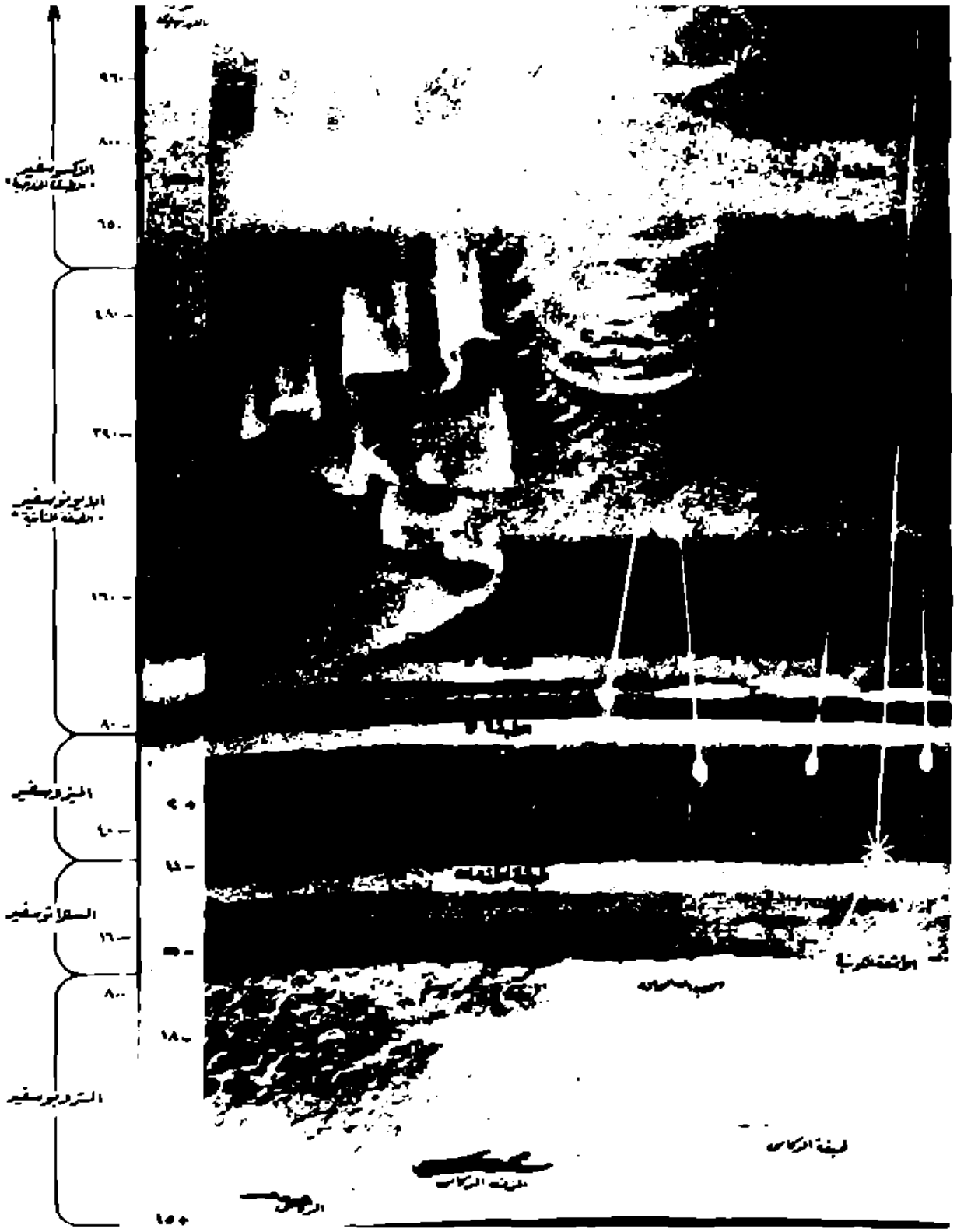
وجزيئات بخار الماء التى تنضم إلى نواة من نوى التكاثف إنما تكون نقط ماء السحب (أو بلورات الثلج إذا كانت درجة حرارة الهواء تحت نقطة التجمد بكثير) . ولا تستطيع هذه السقوط على هيئة مطر ، وإنما تضم نقط جزءاً من مليون جزء من الماء الذى تتضمنه نقطة المطر العادية . فإذا كان الهواء ساكنا تماما، تستغرق ثمانى ساعات لتهبط مسافة ثلث كيلو متر ، وعندما يكون الهواء متحركا، يصعب أن تؤثر عليه الجاذبية . والذى يجعل هطول المطر ممكنا هو نمو تلك المكونات، لتصل إلى حجوم أكبر بكثير عن طريق ما يعرف باسم (الالتحام) . فى الهواء المتحرك حركة غير انسيابية أو دوامية ، تتصادم النقط الأكبر مع النقط الأصغر ،ومن ثم يتم (تجمعها) . وفى الهواء البارد تتبخر النقط ، ثم تتكاثف بعد ذلك على بلورات الثلج العادية .

ولا يمكن أن تسقط نقط المطر من السحب، إلا عندما ينمو قطر النقطة منها ليصل على الأقل حدود ٠,٢ سنتيمتر . ومع ذلك فقد لا تصل الأرض على الإطلاق ، وكثيرا ما يُهدر سيل من سحب عالية فوق الصحارى، ولكن ليتبخر ذلك السيل بأكمله وهو فى طريقه إلى الأرض . ونقط المطر التى تصل الأرض على هيئة رشاش دقيق الحجم تسمى (رذاذ) ، إنما تتساقط من سحب منخفضة نسبيا، بحيث لا يتوفر لها الوقت اللازم للتصادم مع نقط أخرى أثناء تساقطها . ونقط المطر التى تصل فى حالة الهطول الغزير أو المطر الوفير ،إنما تجئ من سحب عميقة ، فيها يتم التصادم بين النقط المتكونة و (إسالك) النقط الكبيرة للصغيرة ، بسرعة ونشاط تامين .

ويتطلب تكوين الثلج تبريد السحابة عدة درجات تحت ١٨ درجة سنتيجراد تحت الصفر . عندئذ تكون نقط ماء السحابة فوق مبردة ، وتروح متجمدة إلى بلورات من الثلج . ونظرا لأن تلك البلورات تغطيها طبقات رقيقة من الماء السائل ، فإنها تتجمع عندما تتصادم لتصبح على هيئة صفائح الثلج . وعندما تكون درجة الحرارة عظيمة الانخفاض ،تكون البلورات أكثر جفافا، فتروح متساقطة على هيئة ثلج حبيبى . والمطر الذى يبدأ فى هواء ساخن، ويتساقط خلال طبقة باردة،لا يتحول إلى ثلج، ولكن إلى ندف الثلج المعتمة المعروفة باسم الجليد المتسبح .ونقط المطر المتجمدة المقبلة من سحب عالية ،والمتحركة خلال عاصفة رعدية تدفعها تيارات الهواء العنيفة الصاعدة ، فتكون طبقات متراكمة فوق بعضها ومتحدة المركز من الثلج والجليد ، وأخيرا تهوى إلى الأرض على هيئة البرد فى حجم الحمصة،أو فى حجم كرة الجولف . ويتوقف ذلك كله على ما عانته حبات البرد من ألوان التقلبات، وظروف الصعود والهبوط فى أعلى .

نحر لطابي نادر بلون أزرق – أحمر يشتعل فوق كوبنهاجن . الإشعاعات المقبلة من الفضاء ، تجعل الهواء العلوي يومض ويضيء على غرار أنبوبة النيون .

يغلف جو الأرض ، الذي لا نلمسه ولا نراه، كوكبنا كأنما هو غطاء أو درع واق . فهو يدرأ عنا غوائل أشعة الشمس المهلكة ، ومعظم قذائف الأشعة الكونية المقبلة من الفضاء . كما يحيل أغلب الشهب إلى رماد، من قبل أن تصل سطح الأرض . وهو إلى جانب ذلك، إنما يعزل عالمنا عن برد الفضاء، وفي نفس الوقت، يحتفظ بالدفء الذي تمنحه لنا الشمس . وحتى عندما يثور ، تكون العاصفة منطقة جمال عظيم .



إن الألف كيلومتر الأولى من الغلاف الجوى ، المصورة فى هذا القطاع المستعرض ، عبارة عن تتابع معقد من الطبقات . وتبين الأرقام التى فى اليسار ، الكيفية التى تهبط بها درجات الحرارة ثم ترتفع بازدياد البعد عن سطح الأرض . ويظهر الشفق فى الطبقات العليا ، كأنما هو الستائر منصبا تتدلى . أما الدرامة الطرفية فهى عبارة عن قطعة من الجسيمات مقبلة من منطقة الإشعاع المحيطة فى المغناطيسوسفير .

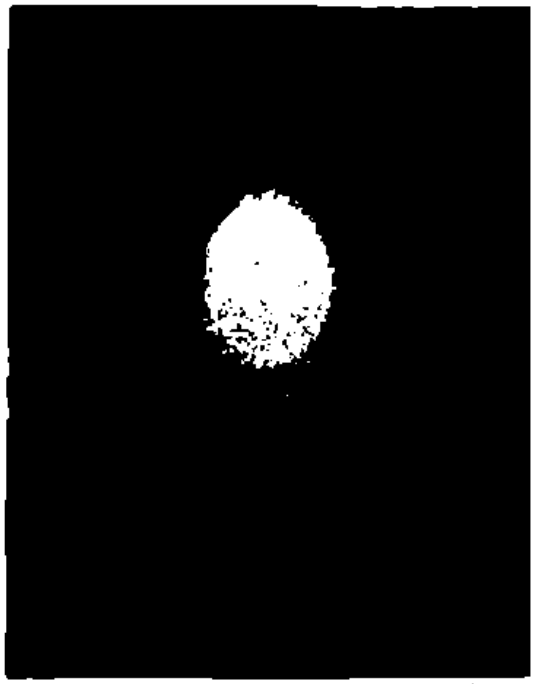
غروب الشمس فوق المحيط الهادى يظهر حزاما من ألوان الضوء فى الأفق . يقسم جو الأرض السفلى أشعة الشمس ويفصلها كما يفعل المنشور .

الغلاف الجوى متعدد الطبقات

ليس الجو بسيطاً كما يبدو من على الأرض ، ولا ضحلا كما افترض العلماء حديثاً . وما طبقة التروبوسفير التى يعيش فيها الإنسان ، سوى الطبقة الدنيا لعدة طبقات أخرى ، وهى تنتهى من أعلى على بعد ٨ كيلومترات إلى ١٦ كيلومتراً ، وتشتمل على تيارات الهواء التى تسبب معظم طقس الأرض . ومن فوقها تجئ طبقة الاستراتوسفير ، وهى تمتد إلى ارتفاع يتراوح بين ١٦ و٢٥ كيلومتراً . كما تتضمن طبقتين رقيقتين ، بهما جزيئات غازات لا توجد فى مكان آخر من الجو. فتحتوى الطبقة السفلى على جزيئات بعض الكبريتات ، التى قد يكون لها دور فى عمليات الأمطار . ومن فوق هذه الطبقة ، توجد طبقة الأوزون الحيوية . والأوزون نوع من الأوكسجين ، يمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية القاتلة التى ترسلها الشمس ، وبذلك يجعل الحياة ممكنة على الأرض . وتأتى الميزوسفير بعد ذلك ، وهى طبقة ساخنة ، تحترق فيها معظم الشهب التى تهوى إلى الأرض من الفضاء الخارجى . وعلى ارتفاع ٨٠ كيلومترا ، تحل محلها طبقة الأيونوسفير ، التى تتلاشى من أعلى على ارتفاعات تتراوح بين ٥٦٠ كيلومتراً و١٠٠٠ كيلومتر . ويومض الضجر القطبى ويضئ فى الأيونوسفير ، وبالقرب من قاعدتها تسبح السحب التى تضئ ليلا ، وترى أحياناً وقد أرسلت بصيصاً من الضوء عند الفجر أو الغسق . والطبقات المبينة بحروف ، هى مناطق فيها يتم تأين جزيئات الهواء بوساطة الإشعاع الشمسى . ولهذه الطبقات أهميتها بالنسبة للإنسان ، لأنها تعكس بعض أمواج الراديو وتردها إلى الأرض ، وهكذا يصبح الاتصال على الموجات القصيرة أمراً ممكناً .

وأخيراً تجئ طبقة الإكسوسفير ، وفيها يقل الهواء تدريجاً إلى أن يقارب العدم . وفيها توجد حزمة إشعاع ضخمة ، تعرف باسم الماجنيتوسفير ، والمعتقد أن هذه تمتد إلى ٦٥٠٠٠ كيلومتر .

عندما تروح الشمس الغاربة منخفضة تحت الأفق، تتكسر صورتها منقسمة إلى طبقات، موضحة الحد الذى يعمل على انحناء الأ

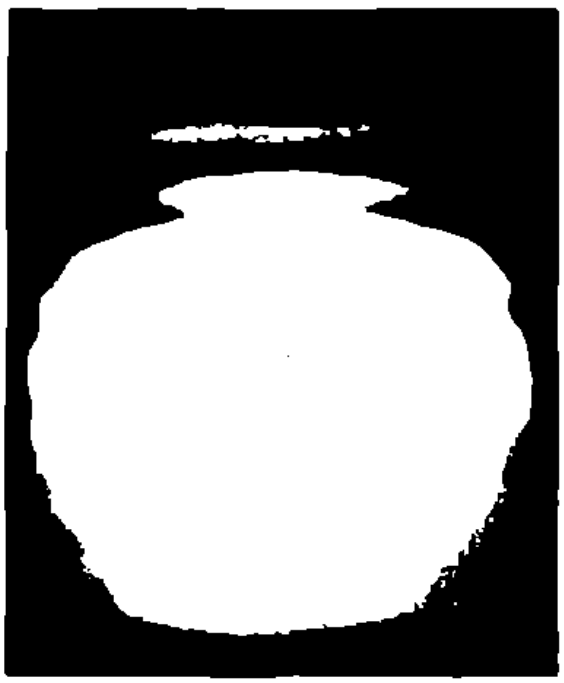


عندما تظهر الشمس منخفضة فى السماء، ترى عادة فى مثل بياض اللؤلؤ، إذ
ن أشعة الضوء فى جو الأرض، وتبدو على هيئة اللؤلؤ المتعدد الألوان. وكذ
الحال مع الشمس، يسود اللون الأحمر فى القمة، واللون الأحمر من أسفل.

محيط الهواء، مثل محيط الماء، يتحرك بصفة مستمرة، وكل الضوء
المقبل من الفضاء إلى الأرض، تؤثر عليه تموجات الهواء بشئ
من الإعتام. وحتى الآن، لم يستطع الفلكيون التغلب على ظاهرة
إعتام الجو للضوء، عند نفاذه خلال الغلاف الهوائى. وإلى أن تشيد
المناظير الفلكية المكبرة خارج نطاق الغلاف الجوى، فى الفضاء
أو على القمر، يقتصر ما يراه الإنسان فى السماء على صور كالسراب.
فمثلا عندما نبصر الشمس ساعة الشروق أو ساعة الغروب، خلال
الجو المتموج، كثيراً ما نراها منفوشة كالسحاب، ومسطوحة،
وربما تبدو منقسمة إلى أجزاء أفقية. وتتغير ألوان الشمس من
بياض الظهر الذى يخطف الأبصار، إلى الأحمر القاتم أو البنفسجى،
الذى يلون الأفق ويصبغه. وقد يحدث أحياناً أن يصحب غروب
الشمس بريق أحمر من تحتها، وأخضر فى أعلاها، كأنما هو الضوء
الخاطف، المنبعث من ملايين الشموع. والسبب فى انبثاق تلك
الأضواء، هو حالات جوية خاصة، عندما تقترب الشمس من الأفق.

والصور الرائعة التى نراها هنا، والتى تم التقاطها بمرصد
الفاتيكان بقلعة (جاندولفو) بإيطاليا، تثبت أن سراب البريق
ليس موجوداً فى أعين المشاهد أو الناظر كما هى بعض الأحيان،

بلمع بريق أحمر من فوق السماء من مرصد الفاتيكان، عندما ترصد بقوة فوق البحر المتوسط أمام ال

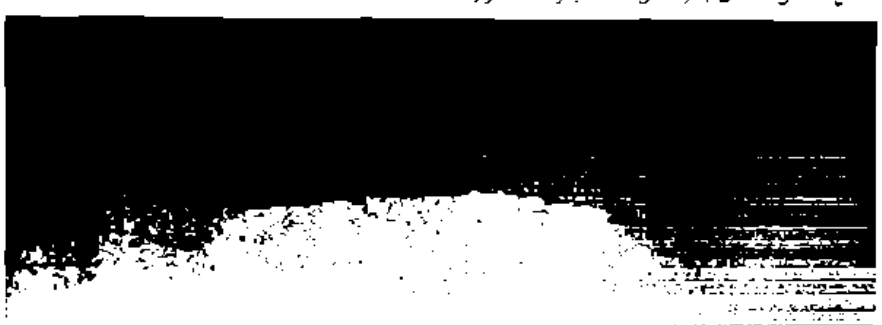


يتكون خلال نهار يملؤها اللون الأزرق، نضوء على شكل بصلة في كرة رجاجية تتحرك نحو غروب الشمس . وأحيانا يحدث وميض أزرق مع آخر أشعة ، ولكنه أقل ظهورا .

الضوء . وفي وقع
حيط من كل ألوان
نضراء، تكون أكثر
واء. وهذه الأخيرة
مضة نحو الأفق عـ
بة في جو الأرض ،
أولا خلف الأفق ،
ورها عبر طوفه ،
ث أن يظهر الوميض
يحدث ذلك، يتولد
ن يبقى البريق خلال

لضيئة تتغلغل نجو
بكثير من الشمس ،
ق ، يحدث أحيانا
، ومتداخلة بعضها
لحظة ألوان الطيف

شكل الشمس ، الذي يتكون من هذه الفيروة المصورة



مقدمة رعد شاغة من المزن الركامي، تنذر بالعواصف عاصفة . تظهر عالية تحت تأثير تيارات الهواء السريعة الصاعدة . وتتحول القمم المتجمدة إلى شكل السندان المسطح بطبقة هواء ساخن فوقها .

طالية رقيقة من السحب ، تحوم حول موضع لايت فوق جبل كليمانجارو ، تنجانيقا . لأخذ شكل العدسة ، تحت تأثير تيارات الهواء المتطاقة إلى أعلى وإلى أسفل منحدرات الجبل .

أشكال السحب الوديعة والثائرة

كانت السحب دائما طلائع طقس حسن أو ردىء . وهي تتكون من بخار الماء الذى تم تبخيره من الأرض ، وتكون نقطا أو بلورات مجهرية الحجم فى الجو . ومكونات السحب أخف من أن تهبط على هيئة مطر . فإن النقط قد تحتفظ طهر تيارات الهواء إلى ما شاء الله ، من قبل أن تتكاثف من حول جسيمات الغبار ، أو الأملاح ، أو المواد

وابل من المطر ينهمر على جنوب الهبط الهادى على كتب من ساحرا . كتلة السحابة التى تبدو عليها سهلكة ، والتى بتساقط .

طبقات رمادية من السحب الركامية – الركام يزحف كأنه الجبهة المتقدمة في السماء الصافية . تتكون من سحب ملتفة أو مفرودة ، وفي بعض الأحايين ، تتكون على هيئة النتف . تنذر بالمطر ، ولكنها لا تجود به دائما.

ريش وليوس من سحاب السحاق ، يظهر وسيح على ارتفاع ٩ إلى ١٣ كيلومترا فوق الأرض. وهو من سحب الطبقي الصمر ، سالم يصبح سحب نوع السحاق الطبق ، الذي يظهر كالشابورة الترابية ، فيكون ذلك من علامات الإنذار بالمطر .

الأخرى . وقسمت السحب أول مرة عام ١٨٠٣ ، تبعا للأسماء اللاتينية لأشكالها : (سيرس) أو السحاق الطلقية ، و(كيومولس) أو الركامية السحب المتراكمة فوق بعضها . و (ستراتس) أو الطبقية التنائرية . واستخدمت كلمة (نمبوس) أو مزن، لمواصف المطر فيما بعد . وعندما نحاول تقسيمها إلى تجمعات مختلفة ، تصف هذه الألفاظ أنماط السحاب . فسحب السحاق الهشة تتناثر في السماء على ارتفاعات تصل إلى ١٣ كيلومترا. بينما السحاق الطبق يظهر كالتلين الملوث. وتتقدم المزن الركامي عواصف الرعد، وترتفع عبر مسافات شاهقة. والسحب الركامية عبارة عن نتف منفوشة ، ارتفاعها من ١٥٠٠ إلى ٢٥٠٠ متر . والمزن الطبق هو سحب الرذاذ ، بينما الطبق الركامي هو الساعي الذي يطير منخفضا ، منذرا بالمطر والثلج .

في قاعدة تكوين ركامي لعاصفة رعد ، وقد يمتد هذا التكوين من مستوى سطح البحر إلى أكثر من ارتفاع ١٢٠٠٠ متر .

أقواس نافورة متألقة من صحراء الأريزونا، عندما يظهر قوس قزح . وهو ناجم عن مرور ضوء الشمس من خلف الناظر ، خلال نقط الماء . وتعمل النقط مثل المنشور ، فتقسم ضوء الشمس الأبيض ، وتحوله إلى العديد من مركبات ألوانه . وتكون الألوان المبهرة ، عندما تكون نقط الماء كبيرة ما يمكن ، وذلك غالباً في أعقاب عاصفة رعدية .

من بين أعجب الظواهر التي تحدث في جو الأرض السفلي ، الضباب سيئ المظهر . وقوس قزح اللامع . ويتكون قوس قزح (الشكل المقابل) عندما تسقط أشعة الشمس على سحابة سميكة غير منتظمة ، مكونة من نقط الماء التي يقبض عالقة في الهواء بعد زخة المطر . ويعمل هذا الحاجز المائي الرقيق عمل المنشور ، فيفصل ويعكس طيف الألوان المرئية كلها ، الموجودة في أشعة الشمس .

أما الضباب ، فهو نتيجة التركيز الثقيل لبخار الماء . وهو أكثر ما يتكون عندما يبرد الهواء الملاصق لسطح الأرض ، أو الذي يعلوه مباشرة ، وتنخفض درجة حرارته فجأة ، فيتكاثف ما يحمله من بخار الماء ، ويتحول إلى نقط صغيرة سمكها نحو ٠,١ ملليمتر . وتحدث أكثر أنواع الضباب بقاء ، عندما (تنقلب) درجات حرارة الهواء ، أي عندما تطو فوق طبقة الهواء السطحي البارد ، طبقة من الهواء الساخن ، ولا تستطيع الابتعاد . فعندما تتوفر هذه الحالة فوق منطقة مزدحمة بالسكان — تنتج الوفير من الدخان ، وغيره من الأبخرة — يتكون ضباب المدن الكثيف .

ضباب أرضي ، يغطي معظم السطح على هيئة أبخرة الماء الذي يظل ، وقد حول منظر الأرض الإنجليزية إلى صورة يابانية . ومثل هذه الشابورة التي تظهر في الصباح على طول المنحدرات الوديعة ، هي من علامات الجو الصحو المقبل . ولقد راحت أشعة الشمس تخترق الضباب وتبدده . وضباب الأرض كالذي وكالصقيع ، يتكون في الساعات التي قبل منتصف الليل ، ويحدث ذلك عالبا في الليالي الصافية الساكنة .

أصابع سريعة الانقضاض من السماء

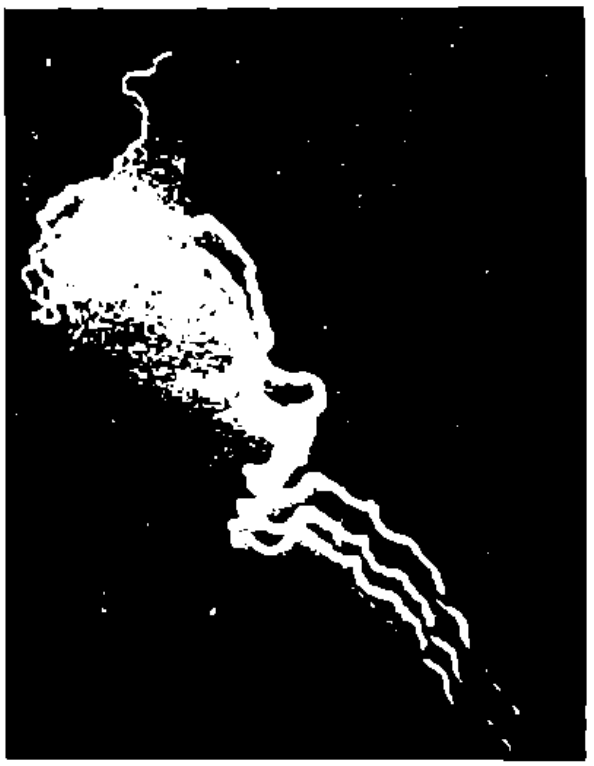
قبل أو أثناء كل عواصف الرعد تقريبا، البالغ عددها ٤٤٠٠٠ عاصفة على الأرض كل يوم، تومض خلال الهواء أصابع. يحبها في العادة هدير الرعد. وهذا هو صفوة غضب السماوات ـ كما نسمعه ونراه ـ مما جعل الإنسان يخشى آلهة الصواعق القديمة.

ولا يزال البرق شيئا عنيفا عجيبا. وقد ينقض في صفائح عظمى، أو في كور. أو في ومضات ملتفة متعرجة. وينتج هدير الرعد المرافق للبرق بوساطة تضاغط الهواء الفجائي، الذي تم تسخينه بانبعاث شرارة التفريغ الكهربائي. ويسمع الرعد بعد أن يومض البرق، نظرا لأن الضوء ينطلق بسرعة أكبر من الصوت. وسبب الشرارات هو انفجار الكهربائية الجوية، التي قد تتقض بين السحب المختلفة أو

سهاء معرجة الخطوط : كما ترى من داخل برج المراقبة في كليفورنر سيوتل فورست ، إيداهو ، ترك جهاز إيقاف آلة التصوير مفتوحا لمدة دقيقتين ، فصور عددا من شرارات البرق المتفرقة . وكانت أكثر الشرارات

ط الكهربائى الكائن بين
، فوق الأرض ، تجذب
طح . ولكى يمكن تجنب
، العالية ، حتى « تلاطف »
ى تبلغ ١٠٠ مليون فولت
رض . ويصل عدد الذين
، عام نحو ١٥٠ شخصا .
ب الأزوت من الهواء إلى
ع المطر ليسمد التربة ،

انجذبت شرارة برق شاردة إلى عمود من الماء ، انبثق إلى أعلى بانفجار لنبلة أصالى ، من إحدى سفن أسطول الولايات المتحدة الأمريكية . وقد صورت هذه الصاعقة ، بمصادفة ، آلة تصوير خاصة بتسجيل الانفجارات النجريبية .



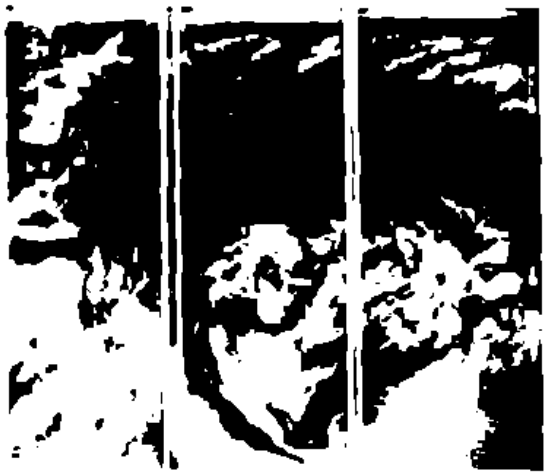
صاعقة ثلاثية ، حملتها ثلاث شرارات برق متتابعة . تم تلريخ الثلاث خلال جزء من ألف جزء من الثانية ، وانطلقت فى مسارات متوازية خلال الهواء الثائر .

لرت كالخيوط عن بعد .
ابات كل سنة فى الولايات

طرف بارم يرعد على طول طريق تكساس ، وهو يطيح ويلقى بأجزاء البيوت المهدمة إلى الهواء . ومعظم التورنادو كثيرا ما تلف وتدور خلال الهواء فى نفس الوقت . وقد أمكن عد اثنى عشر قمعا آخر فى المنطقة التى دهمها هذا الإعصار .

أقوى رياح تهب على سطح الأرض، هى تلك التى تلف وتدور فى داخل دوامة التورنادو ، وأعظم البلاد معرفة بها استراليا وشمال أمريكا . ففى كل عام ، تدهم الولايات المتحدة نحو ١٥٠ تورنادو ، وهى تتجمع أو تتركز فى الأصقاع الجنوبية خلال الربيع ، وفى أصقاع منتصف الغرب فى الصيف. ويبدأ قمع التورنادو (عادة بعد عاصفة الرعد) على هيئة انحرافات من السحب، تلف فى خفة ممتدة إلى أسفل . وعندما تكتمل قوتها وتمس الأرض، تندفع أطنان الرمال والأنقاض لتنطلق إلى أعلى القمع . الذى قد يدور بسرعة ٣٠٠ إلى ٨٠٠ كيلومتر فى الساعة . وتستطيع دوامة الهواء المقلوبة أن ترفع بيتا بأكمله، لتلقى به فى أى مكان آخر على حاله كما هو، أو بعد أن تمزقه إربا . وتتولد التورنادو كذلك على البحر، حيث تعرف باسم نافورة الماء ، وهى أقل عنفا بكثير من التورنادو ، ولا تسبب إلا القليل من الدمار .

ضحية التورنادو فى إحدى ضواحى كانساس سيتى ، بالميسورى (إلى أسفل)، تظهر منطقة دمار عريضة، وقد اجتثت من فوق الأرض تماما . ويتتبر اتساع مثل هذا المسار تغيرا طفيفا، من عدة أمتار إلى ١٥٠ مترا ، بعد حين انطلقت الدوامة من جانب إلى آخر .



عين الإعصار : اتساعها ثمانية كيلومترات . وهى ترى فى مركز هذه الشرائح ، التى تم تصويرها بوساطة طائرة بو ٣ ريكونسانس ، كانت تحلق على ارتفاع ٢٢ كيلومترا . وتتركز القوة الرئيسية للإعصار تحت مستوى ١٦ كيلومترا .

عنف وقسوة الرياح والموج

بالنسبة للإنسان ومنشآته التى يمكن أن تكتسحها الطبيعة ، تمثل المياه التى تسوقها أو تجرفها الرياح ، إحدى الظواهر الطبيعية ، التى تعتبر من أكثر الظواهر خطرا .

ومنذ عام ١٩٠٠ ، قتل أكثر من ٥٠ ألف شخص ، باقتحام المحيط للأرض . وتحت تأثير احتكاك الهواء الذى يمر على سطح الماء ، مهما صاحب مرور الغاز على السائل من لطف ، فإن هذا الاحتكاك يكفى لتراكمه على هيئة أمواج . ويتناسب ارتفاع الموج مع سرعة الرياح . فالرياح التى سرعتها ١٣٠ كيلو مترا فى الساعة ، عندما تهب بصفة مستديمة فوق المحيطات ، تسبب موجا ارتفاعه ١٣ مترا . وأعلى أنواع أمواج البحر المتدحرج ، يمكن أن ترتفع إلى علو ٣٣ مترا ، عندما يخرج إلى عرض البحر ارتفاعان ينطلقان معا .

ويحدث أحيانا ، كما هو ظاهر على اليسار ، أن تنزلق موجة جبارة عبر العديد من الكيلو مترات على المحيط ، لتتراكم على الشاطئ مع رياح خفيفة ، أو حتى مع عدم وجود أثر للرياح التى دفعتها لتنطلق فى طريقها .

وأكثر من ذلك أن تولد حركات القص والدوران العظمى فى الجو بعض الأعاصير فى عرض البحر ، فترتطم بالشاطئ ، وهى منقسمة إلى أجزاء ضخمة ، وسط رياح تتراوح بين ١٠٠ و ٣٢٠ كيلو مترا فى الساعة ، تهب من حول مساحة مركزية من السكون . وهناك أسماء عديدة للأحواض الدوارة ، أو الأعاصير : ففى الشرق الأقصى يسمونها (التيفون) . وفى الفلبين يسمونها (الباجيو) ، وفى نصف الكرة الغربى هى (الهاريكين) — نبعا لإله الرعد القديم عند هنود الكاريبى المسمى (هاراكان) .

موجة عارمة : ارتفاعها ٢٠ مترا ، سببتها رياح شمالية شرقية . ترى وهى تتحطم على الحائط البحرى فى ونتروب ، ماساتوستس . وعلى الرغم من أن الرياح كانت قد انتهت ، فقد ظل البحر مضطربا .

٤

ليست الأرض الصلبة التي تحت أقدامنا، صلبة تماما كما يبدو، فهي تعاني في الواقع من عمليات تقليب مستمر . وقد يصادف أن يتم هذا التقليب أمام أعيننا ، ومن أمثلة ذلك، ما يحدث عندما يقذف البركان من جوفه الصخر المنصهر . أو عندما تهشم الزلازل قشرة الأرض الهشة. ولكن في العادة، تكون الحركات على مقياس أكبر وأبطأ من ذلك بكثير جدا، عندما ترتفع أو تهبط مناطق برمتها، أو تطوى وتميد، أو تميل . وفي كل من الحالتين، لا يدوم واد ولا يبقى سفح جبل ، ولكن من دراسة تسجيلات ما حدث من تغيرات في الماضي تمت كتابتها على وجه الأرض ، نستطيع بالإضافة إلى تتبع الماضي الجيولوجي ، أن نستدل على ما يدخره المستقبل .

وأكثر الحقائق عجبا عن سطح أرضنا ، أن معظمه ــ نحو ثلاثة أرباعه ــ يغمره المحيط ، ويمكن أن تغوص تحت الماء أراض أخرى واسعة، إذا ما ذابت ملايين الكيلومترات المكعبة من الجليد، الذي يتراكم في عصرنا هذا فوق المناطق القطبية والجبلية ، وبذلك يرتفع مستوى سطح البحر مسافة قدرت بالحساب على أنها تتراوح بين ٦٧ مترا ، و١٠٠ متر . وثمة حقيقة أخرى أعجب ، فحواها أن التوزيع النسبي لمساحات اليابس والبحر على سطح الأرض، إنما يدل على تناسق « خشن » . فإن كل كتلة عظمى من اليابس، يقابلها محيط على جانب الأرض الآخر . فمثلا، يمكن تقسيم الأرض باختيارنا إلى نصفين، بحيث يضم أحد النصفين ٨١٪ من كل مساحات اليابس ، بينما لا يتضمن النصف الآخر سوى ١٩٪ .

وعندما تقسم الأرض على هذا النحو، يقدم « قطبا الشمال » فى فرنسا . ويتضمن « نصفها الشمال » أوروبا، وآسيا ، وأفريقيا ، وأمريكا الشمالية، وضلع أمريكا الجنوبية، ويقابل ذلك « نصف كرة جنوبى » مائى، فيه القطب بجوار نيوزيلندة . فهل هذا التوزيع اليابس والبحر هو نتيجة الصدفة البحتة، أم أن هناك تفسيراً له ؟ حتى الآن لا يستطيع أحد أن يجزم بشىء .

وقارات الأرض عبارة عن هضاب عظمى من الصخر ، ترتفع فى المتوسط بنحو ٠,٨ كيلومتر فوق مستوى البحر . والخرائط العادية التى تجعل منطقة المد والجزر، الحد الفاصل بين اليابس والبحر، لا تعطينا صورة صادقة لحدود القارات، نظرا لأنها لا تستطيع إظهار الحد الفاصل - الذى يميل ببطء منساباً تحت سطح الماء ، ليكون الامتدادات الطبيعية لمعظم القارات . ويمتد هذا الرصيف القارى إلى البحر فى المياه الضحلة لمسافة ١٦٠ كيلومترا . ويبلغ مجموع مساحة الأرصفة القارية أكثر من ٢٩ مليون كيلومتر مربع ، وهى مساحة أكبر قليلا من مساحة أمريكا الشمالية . وإن لبنات منحدر الرصيف القارى، هى الحدود الحقيقية للقارات ، وتلك حقيقة سوف تعترض مباشرة سبيل من يعدنا ، إذا ما عمل نراكم الثلاجات فى عصر جليدى جديد ، على خفض مستوى سطح البحر فى الأرض .

ويعمل وجه المحيط كذلك، على إخفاء حقيقة أن أحواض المحيطات الضخمة ذاتها متوسط عمقها ٣٠٧٥ كيلومتر ، وأن لها أنواعا مختلفة ومتغيرة ذات حدود متباينة، تبلغ من التقارب قدر مانبلغه القارات . فهذه حافة وسط الأطلنطى، مثلا، عبارة عن سلسلة جبال عريضة، تجرى تحت البحر من أيسلندة جنوبا، إلى المتجمد الجنوبى تقريبا . وتبرز قمم تلك السلسلة، التى لا يراها الملاحون وهم على ارتفاع آلاف الأمتار من فوقها ، وتعلو بمقدار ١٥٠٠ متر أو أكثر فوق قاع المحيط . ولا يألف البحارة سوى تلك الجبال العظمى القليلة، التى تطفو عاليا، بحيث يمكن أن ترى على هيئة جزر - مثل جزر الآزور ، وأسنسيون، وترستان داكنها وغيرها . ومرتفعات الجزر المعروفة باسم « جبال البحر »، تكثر فى أحواض المحيط، وتوجد بخنادق طويلة ضيقة، بعضها أعمق من ارتفاع إفرست، فى القاع هنا وهناك . ولكن رغم كل هذا التشابه مع اليابس، فلا يتوفر الدليل على أن الصفات الجيولوجية لقاع البحر، تماثل بصورة ما صفات اليابس، والعكس صحيح ، بمعنى أن كل القرائن، إنما تدل على أن لمواد قاع المحيط، تاريخا يختلف إلى حد ما عن تاريخ مواد اليابس ، بالإضافة إلى تباين المواد فى الحالتين تباينا تاما .

وثمة حقيقة أخرى خاصة بالقشرة الأرضية ، سواء كانت فوق الماء أو تحته ، فحواها أنها كلها من الصخر الصلب . وهذه الحقيقة لا تتضح فى جوهرها وتبين إلا بعد حين ، نظرا لأن قاع المحيط تغطيه الرسوبيات ، أما فوق وجه الماء فإن التربة ، والنباتات ، وقطع الصخور التى على غرار الرمل والحصى، تغطى كل مكان . ولكن حجاب الأنقاض هذا يوجد فى الطبقات السطحية، التى يقدر سمكها بالأمتار ، بينما سمك الصخور التى من تحتها إنما يقدر بالكيلومترات . وأكثر من ذلك، أن الصخور التى عند سطح القشرة الأرضية، هى إلى حد كبير نفس الصخور التى توجد على أعماق أكبر، تمتد إلى حيث مستوى الستار . والمناجم وآبار الزيت، التى تهبط أعمقها خلال مسافات تصل إلى ثمانية كيلومترات تحت السطح، إنما توجد فى نفس المادة على طول طريق هبوطها إلى أسفل . وبالمثل، لا يعطى الصخر البركانى فروقا كبيرة ، سواء صعد ذلك الصخر وهو فى حالة الانصهار من مقره على عمق عدة كيلو مترات قليلة تحت الأرض ، أو من أعماق تصل إلى ١٦٠ كيلومترا .

ولقد قسمت الصخور وبوبت إلى مجموعات وفروع، بطريقة تكاد لا تنتهى على يد علماء وصف الصخور المتخصصين، ولكنها تنتمى كلها إلى ثلاث مجموعات عظمى : النارية ، والرسوبية ، والمتحولة . ولقد كانت كل الصخور النارية منصهرة يوما ما ، والمعتقد أن مصدرها كان من أعماق باطن الأرض ، ثم بردت بمعدلات مختلفة ، وأخذت أشكالا متباينة، تتدرج من البازلت الأملس، إلى الجرانيت الخشن . وتتكون الصخور الرسوبية ، كما يتضح من اسمها، من طبقات مادتها مثل الرمل والطمى، الذى جرف إلى قيعان المحيطات أو البحيرات . وقد يتم إلقاء هذه المواد الرسوبية إما بالماء، وإما بالثلج، وإما بالرياح، ثم تتعرض للضغط . وكثيراً ما ترتفع مرة أخرى بحركات الأرض التى تجىء بعد ذلك ، فتكون محتوية على الحجارة

الرملية المألوفة ، والقواقع والأصداف ، والحجارة الجيرية ،والدولوميتات . وفى هذه الصخور ، وبصفة خاصة الصخور الجيرية والطفلية ، توجد دقائق الحفريات . والصخور المتحولة هى أيضا اسم على مسمى ، يتغير شكلها التوللمعن جديد بالحرارة والضغط ، أثناء دفنها ، فى أعماق الأرض. وعلى ذلك، فإن الصلصال كان طميا فى يوم من الأيام ، والكوارتزيت هو نوع متحول من الحجر الرمل ، والرخام حجر جيرى أعيد بناؤه . ولا يجمع الجيولوجيون تماما على أمر هذه التقسيمات . فمثلا ، يعتقد بعضهم أن معظم الجرانيت من الصخور المتحولة ، وليس أصلها فى الغالب من الصخور النارية .

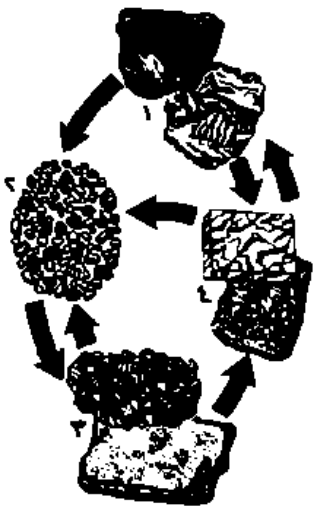
ومهما كانت طريقة التكوين ، فإن الصخور عبارة عن مخاليط معقدة من العناصر المختلفة ، على هيئة مركبات معدنية . ومن بين الإثنين وتسعين عنصرا طبيعيا المعروفة على الأرض ، لا يوجد غير ثمانية عناصر متضمنة بصورة عادية فى تكوين الصخور . وهذه تشمل ٩٨٪ من القشرة الأرضية من حيث الوزن . والمعروف أن ٤٧٪ من أكثر العناصر وجودا فى القشرة ، عبارة عن عنصر الأوكسجين . ويأتى فى المرتبة الثانية السليكون ونسبته ٢٨٪ . ومن بعد ذلك تهبط النسبة بشدة . فالألمونيوم يكون ٨٪ ، والحديد ٥٪ ، وكل من الصوديوم ،والماغنسيوم ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم أقل من ٤٪ . وتتحد هذه العناصر الثمانية المألوفة ،مع عناصر أخرى غير مألوفة ، اتحادا كيميائيا بطرق سهلة أو معقدة ، لكى تكون ما يقرب من ٢٠٠٠ مادة معدنية معروفة . ولكن ليس من السهل افتراض أنه من حيث الحجم ، تسود مركبات الأوكسجين – سيلكون ، وأن عدد العناصر المتبقية عن بناء جسم قشرة الأرض ، لا يزيد على نحو عشرة .

وتقتصر خبرة الإنسان المباشرة ومعرفته بتركيبات الصخور ، على ما رآه من البراكين النشطة – فجوات فى قشرة الأرض ، تتدفق منها الصخور المنصهرة وهى ساخنة ، لدرجة أنها تسيل كما تسيل الحلوى الملتهبة .

وتلك هى الأب الأول لكل الصخور النارية . وتسمى مثل هذه المادة المنصهرة ، باسم الصهارة أو « مصهور الصخور » ، عندما تكون تحت الأرض ، كما تسمى بعد خروجها باسم « الحمم » ، وتتوقف طبيعة الثوران البركانى على تركيب الصخور ،وما تتضمنه من الغاز والماء . فمصهور الصخور الترج، والمحمل بالغازات ، يشرب كأنه المرقعات ،وهو يقذف بقطع من الحمم المتجمدة ،وسط سحب من البخار والغازات الساخنة . وينتفخ مصهور الصخور الأكثر رقة ،والذى يحتوى على مقادير أقل من الغاز ، منبثقا إلى الخارج فى هدوء نسبى ، مكونا ألسنة من الحمم الساخنة إلى درجة البياض ، تزحف إلى أسفل الجبل حتى تتجمد .

ولقد وصلت البراكين الجبارة ، التى كونت جزر هاواى إلى علو ١٠٠٠٠ متر فوق قاع المحيط ، وترتفع ٤٥٠٠ متر أو نحو ذلك من هذا البروز ، فوق مستوى سطح البحر . وفى العادة تنبثق الحمم من براكين هاواى النشطة ، على هيئة تجار ملتهبة ، سائلة إلى أقصى حد . وقد يحدث أن تنبثق على هيئة النافورات ، عندما يصل السطح جيب من الغاز . وقد ينتقل مثل هذا السيل عبر مسافة طويلة ،من قبل أن يتجمد . ولعل من أخص صفاتها ، أنها تولد الجبال ذات القواعد المتسعة . وفى مجال النهاية الأخرى ، تجئ البراكين ذات الحمم السميكة ، التى تبنى مخاريط عظيمة الانحدار ، وضيقة فى نفس الوقت .

ولا يصل مصهور الصخور (الصهارة) دائما إلى السطح عن طريق البراكين . وفى الحقيقة ، يحدث أحيانا أن لا يصل السطح على الإطلاق . . فإذا لم يجد له مخرجا ، أو إذا لم يتوفر الضغط الكافى من خلفه ،ليحمله على الثوران على منفذ ، فإنه قد يعمد إلى اختراق طريقه إلى أعلى ،حيث الكسور والتصدعات ، أو بين طبقات الصخر القريب من السطح . وقد يكون أحيانا بحيرات تحت الأرض ، حيث يدفع السطح إلى أعلى ، كما تدفع البثور الجلد ، ولكن من غير أن تخترق القشرة . وكثيرا ما يجرى على طول الشقوق الطبيعية ، وأحيانا يطبق على ما يقع فى طريقه ويصهره . والصهارة التى سلكت طريقها إلى شق رأسى ، وتصلبت هناك كالجدار ، تسمى (السد)



تمثل هذه الأشكال ، الحلقات أو الدورات التى يتحلل خلالها الصخر إلى رسوبيات . تحت تأثير الضغط تتحول تلك الرسوبيات إلى صخر جديد . فالرسوبيات (٢) ، يتكون من جسيمات كل أنواع الصخور ، بالإضافة إلى القواقع أو غيرها من بقايا الحيوان ، وهو يضغط ولا ليكون الحجر الرمل ، والحجر الجيرى (٣) ، ثم الطفل ، والكنجلومرات .

وقد تتعرض الصخور الرسوبية لعوامل التعرية ، أو قد تنصهر تحت تأثير الحرارة ، أو الفعل الكيميائى ، أو الضغط ، إلى صخور متحولة مثل الرخام أو الأردواز (٤) . وعندما يعاد صهرها ، تمثل مواقعها على مواد الصخور النارية (١) ، المكونة من المواد المنصهرة . ولذلك يمكن أن تتغير الصخور النارية إلى صخور متحولة ، أو قد تتآكل إلى مواد جديدة من الرسوبيات .

أو (الحاجز) . وتختلف السدود من حيث الاتساع من عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار . وقد يمتد طولها عبر عدة كيلومترات . وقد تظل السدود باقية ملايين السنين بعد تكوينها . في حين تآكل الصخور الأقل صلابة من حولها بعوامل التعرية، تاركة تلك السدود معرضة للعناصر . وهي تجري كالأسوار الطويلة عبر سطح الأرض . وهناك عدد قليل من السدود الضخمة . أحدها في روديسيا وطوله ٥٠٠ كيلومتر . أما اتساعه فيصل إلى ثمانية كيلومترات .

ويعرف اللوح الأفقي المكون من الصهارة المتجمدة تحت الأرض، باسم (القاطع الموازي) . وما (الباليسيد) الرائع ، الذي يحدد معالم شاطئ نهر هدسون أمام مدينة نيويورك ، إلا في الحقيقة من القواطع الموازية الضخمة ذات المنظر الخداع . إذ يظهر كأنما هو سلسلة من أعمدة الحجارة المتراكمة . ولكن تلك الأعمدة ، هي مجرد حافة واحدة من السد الموازي ، ومظهرها الرأسي ، إنما ينبثق عن انكماش الصهارة الأصلية بعد تجمدها .

وتصبح السدود الموازية هذه كالأقسام، أمام أعظم تكوينات الصخور المتصهرة ضخامة . وتلك هي (الباثوليثات) ، ومعناها الكتل الجرانيتية اللاقرارية ، وهي أجسام ضخمة من صخر الجرانيت، تصل مساحتها عشرات الآلاف من الكيلومترات المربعة ، وتمتد إلى أسفل عبر أعماق مجهولة . وهناك تضارب في أسباب تكوين الباثوليثات . ويعتقد بعض الجيولوجيين، أن الصهارة اقتحمت ببساطة طريقها إلى تكوينات صخور أقدم على مقياس ضخم ، فدفعتها إلى أعلى وعلى الجانبين، أثناء ارتفاعها نحو السطح . ويعتقد فريق آخر من الجيولوجيين، أن الحرارة الشديدة، التي تولدها كمية عظيمة من الصهارة، تمكنها من ابتلاع وإذابة الصخور التي من فوقها ، ومن ثم تنمو حجومها على حساب الصخور الموجودة، بدلا من دفعها إلى الجوانب . وثمة مدرسة ثالثة، تدعي أن الباثوليثات لم تكن صهارة قط، وأنها ليست من أصل ناري على الإطلاق . ولكنها صخور متحولة . وتعني وجهة النظر هذه، أنه لا يوجد مجال من مجالات الحمم ، فوق أو تحت السطح ، يمكن أن يبلغ في الحجم مثل حجم الباثوليثات، وأنه لا يمكن أن تنتج مثل تلك الكتل الضخمة، المكونة من مادة متجانسة، إلا بفعل الحرارة والضغط تحت الأرض على نطاق واسع . ويختلف نسيج ومظهر الصهارة اختلافا كبيرا، تبعا لكونها بردت سريعا على سطح الأرض على هيئة حمم، أو إذا ما بقيت تحت الأرض في الباثوليثات، ثم بردت ببطء شديد جدا . والتبريد السريع للحمم، يكسبها صفة التحبب الدقيق، متدرجا على طول الطريق من (الأوبسيديان) ، الذي هو أكبر أنواع الحمم سرعة من حيث إتمام البرودة، وشكله كالزجاج المسود ، إلى البازلت . الذي هو عبارة عن حجر أملس، قاتم اللون، كثيف ، وهو أكثر الصخور النارية شيوعا . وعلى العكس من ذلك، يتم تبريد صهارة ما تحت السطح ببطء شديد جدا، بحيث يصبح تركيبها أكثر خشونة إلى حد بعيد . وتكون أنواع السدود المتالية أو الباثوليثات من صخر الجرانيت الملون، والذي تملؤه، نسبيا، حبيبات العناصر المختلفة المختلفة .

وبصفة عامة ، يبدو أن القشرة الأرضية تتكون من قشرة كروية من الصخر البازلتي، فيما تغوص معظم قطع الصخور الجرانيتية التي تكون القارات أو — ربما بتعبير أصح — «تطفو» . ولكن هذه الصورة للقشرة، لا تكون متجاوزة حدود التبسيط قليلا . نظرا لأن الجرانيت والبازلت كلاهما صخر ناري . وهناك الوفير من النوعين الأساسيين الآخرين — الرسوبية والمتحولة — على سطح الأرض . وعلى أية حال ، في حدود القدر الكلي .

يتضمن النوعان الأول والثاني وجودا بالنسبة إلى الصخور النارية ، بحيث تكون الصورة العامة للقشرة البازلتية ، التي تتضمن فلزات جرانيتية .

وفي ابتداء القرن التاسع عشر ، كانت فكرة التقسيم الثلاثي لأنواع الصخور ، مجرد فكرة غير واضحة . وكانت الجيولوجيا آنئذ علما تجريبيا وتطبيقيا عاليا ، يتصل في أساسه بالتعدين الخاص بترسبات المعادن ، وغيرها من العناصر ذات الأهمية الاقتصادية . ومع ذلك ، كانت هناك فئة ذهبت إلى ما بعد مرحلة التعدين ، وبدأت — أول ما بدأت — بالتكهن عن الطريقة التي بها جاءت الصخور هناك ، ثم لماذا كانت هناك عينات مختلفة متعددة بمثل ذلك القدر . وسرعان ما وجد العلماء النظريون أنفسهم أمام معسكرين متناظرين : مجموعة تأخذ بأن الأرض كانت في الأصل يغطيها بحر عميق هو أبو البحار ، وأن كل شيء يوجد الآن في التربة : الحجارة الصلبة ، والحجارة الناعمة ، والحجارة الصخرية ، والجلاميد الكبيرة ، وحتى الحفريات ، ترسبت من قبل بطء في هذا البحر العظيم . ونظرا لاعتناقهم هذا الرأي الخاص بالأصل الأوقيانوغراق (أو المحيطي) للقشرة الأرضية ، عرف أولئك الرجال باسم (النبتونيين) . على حين ذهب معارضوهم إلى أن العامل الأساسي في تولد القشرة ، كان تدفق البراكين في الماضي والحاضر ، ونظرا لتأييدهم النار ، عرفوا باسم (البلوتونيين) .

ولدى النبتونيين بعض القرائن المقنعة التي يدعمون بها رأيهم . فمن الواضح أن طبقات الحجر الرملي ، والطمي ، والطفل ، وفي الحقيقة كل الصخور الرسوبية في العالم ، تم بناؤها في الماء . ومن الممكن أن يكون ذلك المحيط المائي هو أبو المحيطات تماما كما ادعوا . وهنا يعلو صوت البلوتونيين قائلين : وما أمر الجرانيت . وكيف تتغلب على حقيقة أن ما عليك إلا أن تحفر صفحتك الرسوبية ، لتجد الجرانيت في كل مكان تقريبا ؟ ثم كيف تعلل كل هذا الجرانيت ؟ وأجاب النبتونيون بأن الجرانيت لم يكن سوى أول ما ترسب من مواد الأرض . ففي أبي المحيطات الذي يحتوي المواد المختلفة العالقة فيه ، كان لزاما أن يترسب شيء منها أولا . فلماذا لم يكن ذلك الشيء هو الجرانيت ؟ ولقد كان الجرانيت عظيم الكثافة وصلبا . ومن الواضح أنه أول ما استقر في القاع ، وأعقب ذلك استقرار المواد الأخرى ، مما يفسر لنا إلى أبعد حدود التقريب ، الطبقات الرسوبية التي من فوق الجرانيت ، وهي الطبقات التي تحولت ببطء إلى صخور ، تحت وطأة الضغط الناتج عن أوزان ما ترسب فوقها بعد ذلك من مواد . وعندما واجه البلوتونيون القوى الهائلة التي تتجلى في مئات المناظر البركانية ، بدا لهم مثل ذلك التفسير نافها وغير مقبول . فلقد أصروا على أن جلاميد الجرانيت صلبة ، لأنها صهرت وعبدت بوساطة نيران باطن الأرض ، أما الصخور الأقل صلابة ، فقد تعرضت لدرجات من الحرارة أقل ، ومن ثم لم تصل إلى مثل صلابة الجرانيت .

وعندما كان أحد البلوتونيين مسافراً حول العالم ، ليلاحظ الدليل على فعل البراكين في أماكن كثيرة ، بدأت حجة النبتونيين تضعف ، وعصفت الرياح بآرائهم . وهذا تشارلز داروين ، كطالب ، عرض على أحد البلوتونيين المتعصبين — وكاد على وجه التقريب أن يفقد تذوقه لعلم الأرض بتلك الطريقة — وما حدث مدون في مذكراته حيث يقول :

« سمعت الأستاذ في سالسبوري كريجز ، يحاضر على قاطع تجمعت فيه وسوبيات من صخور بركانية حوله . وأضاف وهو يسخر ، أن هناك فئة من الرجال يدعون بأنها سبق أن اندفعت من باطن الأرض في حالة منصهرة . وعندما أفكر في تلك المحاضرة ، لا يدهشني أنني قررت أن لا أعود قط إلى محاضرات الجيولوجيا .

ومع ذلك، كانت تلك المدارس المشهورة لا تقوم على شئ أكثر من دراسة جزء قشرة الأرض المتوفر للبحث والتنقيب عند السطح ، وحتى الأفكار الحديثة الأكثر تأرجحا ، الخاصة باعتبار القارات أجساما طافية من الجرانيت ، لم تتم صياغتها بعد ، نظرا لأنه يلوح أنه لم يخطر ببال أحد أن يتساءل . لماذا تبرز القارات إلى أعلى ، على النحو الذى نراها عليه .

وفى المتوسط فى العالم ، ترتفع القارات اليوم نحو خمسة كيلومترات فوق قاع المحيط . وزيادة على ذلك ، فإن ما لدينا من أدلة وقرائن ، إنما تشير كلها إلى أن ذلك الارتفاع أو البروز ، أو ما يمكن أن يقارن معهما ، إنما وجد وظل على حاله منذ بدأت القارات ، أى من أساسها . فما الذى منع تلك الكتل القارية العظيمة الأوزان من الغوص إلى أسفل ، حتى تعود إلى نفس المستوى مع باقى قشرة الأرض ؟ وحتى أعظم القشور صلابة المكونة من البازلت ، تستطيع أن تتحمل الضغط الثابت الناجم عن مثل تلك الكتل الهائلة من الجرانيت . ويلوح أن الجواب على هذا السؤال : هو نفسه الجواب على من يسأل لماذا يطفو الفلين ؛ لأنه فى كل حالة تطفو الأجسام ، لأنها أقل كثافة بالنسبة للمادة التى غمرت فيها . وفى حالة القارات ، يلعب ستار الأرض دور الماء . بالنسبة لذلك الفلين الضخم . والجرانيت أخف بمقدار ٢٠٪ تقريبا ، بالنسبة للمادة المكونة لستار الأرض العلوى . والبازلت من ناحية أخرى ، أقل بمقدار ١٠٪ فقط . وعلى ذلك ، فإن القارات (يجب) أن تركب أعلى الستار ، على طبقة القاعدة البازلتية للقشرة الأرضية .

وهنا تبرز قضية أخرى . فقطعة الفلين لا تطفو فوق الماء ، ولكن فيه . وقطعة الخشب لكونها أكبر كثافة (أثقل) من الفلين ، سوف تطفو فى الماء بعمق أكبر . أما مقدار هذا العمق ، فهو أمر يحدده قانون بسيط اكتشفه أرخميدس منذ ٢٢٠٠ سنة مضت : فإذا كانت قطعة الخشب تزن رطلا ، فإنها سوف تطفو بعمق يكفى تماما لإزاحة رطل من الماء . وعندما ننظر إلى قضيتنا بهذه الطريقة ، يسهل علينا أن نرى أن الفلين أو قطعة الخشب ، بسبب قلة كثافة كل منهما (خفتها) بالنسبة إلى الماء ، يرفعهما الماء إلى أعلى فى واقع الأمر . وبنفس الطريقة ، هل للكتل العظمى من الجرانيت التى تكون القارات جذور لها ذات قدر ، بحيث تكفيها فعلا لكى تكون طافية كالفلين ؟

هناك طريقتان لدراسة هذه النقطة ، تستخدم أولاهما نفس المبدأ الذى مكن العلماء من استنباط تتابع طبقات الأرض ، عن طريق قياس أمواج الزلازل . فعندما نصل قياسات دقيقة إلى أقصى حد لتحركات الزلازل فى القشرة الأرضية ، يصبح من الممكن عمل مخطط تقريبى لتركيب القشرة . وتستخدم الطريقة الثانية قياسات الجاذبية . فالأجهزة الحساسة تماما ، يمكنها ملاحظة فروق قوى الجاذبية فى نقط الأرض المختلفة ، ومن تلك الفروق ، يبدأ تقدير المقادير المتباينة للجرانيت والبازلت ، التى لا يمكن الوصول إليها تحتنا . وتؤدى كل من الطريقتين إلى نفس النتيجة : القارات فعلا جذور عظمى تصل إلى أعماق كبرى ، بحيث تحمل الخمسة كيلومترات ، أو ما يقرب من ذلك ، التى تطو بها تلك الكتل فوق قاع المحيط .

ويتعرض نموذج القشرة المبسط ، الذى استخدمه كثير من علماء الجيولوجيا فى حساباتهم ، طبقة تكاد تكون متظمة ، سمكها خمسة كيلومترات ، من البازلت على قمة الستار . ومن فوق هذه الطبقة ، تركب كتل القارات لسمك متوسطه ٣٢ كيلومترا . وتبلغ تلك الكتل من الثقل ، ما يجعلها تضغط طبقة البازلت التى من تحتها إلى أسفل ، عبر مسافة تقدر بنحو ٢٢ كيلومترا داخل الستار ، وبذلك تجعل سطح الستار مزاحا قليلا ، بدلا من أن يكون كرويا تماما . وعلى ذلك ، نجد أنه على الرغم من أن ما تغطيه القارات من مساحة سطح الأرض ، يكاد لا يزيد على الربع ، فإنه فى حدود الحجم الكلى ، تشغل القارات بالفعل نحو ثلثى حجم القشرة ، بينما يشغل محيط القاعدة البازلتية نحو الثلث .

وتذكر أن قارة ما — أو أية كتلة يابسة كبرى بلاشك مثل جزيرة عظمى — إنما تطفو فوق الستار ، تعرف باسم نظرية (التوازن الاستاتيكى) ، وهناك اختبار مباشر لصحة هذه النظرية ، مستمد من حقيقة أن شبه جزيرة سكندينافيا ترتفع فى الهواء . فبعد أن ضغطت إلى أسفل نحت وطأة وزن الثلاجات أثناء العصر الجليدى ، راحت ترتفع بعد أن رحلت الثلاجات منذ ٩٠٠٠ سنة مضت . ولمعتقد الآن أن سكندينافيا ترتفع بنحو ٣٣٠ مترا فوق مستواها ، وهى نحت وطأة الطافية الجليدية . وهناك أجزاء منها مستمرة فى الصعود

وكما أن جذور الكتل القارية تهبط إلى أعماق تكفي لزحزحة القشرة من تحتها ، فكذلك تضغط جذور مجموعات الجبال الكبرى إلى أسفل ، إلى مسافات أعمق لكي تحمل أوزانها ، وحتى تبرر ارتفاعاتها الشاهقة . وأول الشكوك بأن الجبال ، وكذلك الدفع إلى أعلى ، إنما يمتد كذلك إلى أسفل الأرض ، جاء عن طريق التجارب التي أجريت في القرن الثامن عشر ، باستخدام آلة في مثل بساطة خيط ميزان استقامة البناء (المطمار) . وعلى السطح المستوى أفقيا ، يشير خيط الميزان مباشرة إلى مركز الأرض . وعادام الأمر كذلك ، فإن المتوقع بجوار أي جبل من الجبال أن ينحرف (المطمار) ، تحت تأثير جذب كتلة ذلك الجبل . وفي عام ١٧٣٨ ، حدث أن ذهب العالم الرياضي الفرنسي بيير بوجير إلى أحد أقدم جبال الأنديز — جبل تشيمبرازو ، فيما هو الآن أكوادور — في بعثة علمية أرسلتها الأكاديمية الفرنسية ، للمساعدة في حل مناقشات علمية تتعلق بطول قوس دائرة نصف النهار . وبينما كان يجري قياسات الجاذبية على جبل تشيمبرازو ، لاحظ أن قوة جذب الجبل سببت انحرافا صغيرا جدا في خيط الميزان ، بالنسبة لما هو متوقع من مثل تلك الكتلة العظمى ، وأدخل بوجير بفكرة أن جرانيت الجبل ، وما تحت الجبل كان لسبب ما خفيفا . وكتب في مجلته يقول بأنه ظهر كأنما يتكون الجبل من قشر البيض . وبعد فترة قصيرة ، ظهر في الصحافة الفرنسية قول بأنه اكتشف « جبلا أجوفا » ، يمكن أن يسكنه الناس .

ولقد كان بوجير على صواب من وجهة نظر خاصة . والذي لم يفطن إليه هو سر (خفة) الجبل ، وما تحت تشيمبرازو عبارة عن كتلة ضخمة من صخر الجرانيت الخفيف ، بدلا من صخر القارات الأكثر كثافة ، الذي يوجد عادة في الأعماق .

وثمة دراسة أخرى للجاذبية ، تمت في جبال الهيمالايا بعد ذلك بقرن ، وتمخضت عن نتيجة سلبية . فإن خيط المطمار بدلا من أن ينحرف نحو الجبل ، انحرف بعيدا عنه . وفي محاولة تفسير ذلك الشذوذ ، علل أحد علماء الفلك الإنجليز ، وهو ج . ب . إيري ، تلك الظاهرة بأن الجبال يجب أن تكون لها « جذور » ممتدة ، عبر مسافات طويلة في الأعماق إلى الطبقة البازلتية ، ولذلك ، فإن الجبل العالي الكثافة ، يطفو في الصخر الأكبر كثافة ، كما تطفو قطع الثلج العائمة في الماء سواء بسواء . ومن مثل هذا التصوير ، ولدت نظرية (توازن الضغوط) ، وليس من الصعب تعميم تلك النظرية وتطبيقاتها من الجبال إلى القارات ذاتها .

وعلى أية حال ، فإن نظرية (التوازن الاستاتيكي) أو (توازن الضغوط) ، تقول لنا أي شيء عن الطريقة التي تكونت بها القارات . فذلك سؤال من بين أصعب الأسئلة التي يمكن أن تثار عن الأرض ، وهو في هذه اللحظة موضوع دراسات مستفيضة وآراء متضاربة . وهناك العديد من الفروض الكثيرة التي يفوق عددها عدد القارات — وهي تقارب عدد الجيولوجيين أنفسهم — ولا توجد نظرية بسيطة خالية من الاعتراضات الأساسية

وأبسط النظريات هي المعروفة باسم « نظرية تيار الحمل » . وهي تذهب إلى القول بأن فروق الحرارة المتوفرة في أعماق الأرض ، تسبب سريان الصخر الذاتي الموجود في الستار . تبعا لنمط منتظم ، وأن مادة جديدة تصل السطح على مقياس كبير ، يكون لتولد القارات . وتلك نظرية حسنة ، كما سوف نبين ، إلا أنها لا تقنع تماما الجيولوجيين ، نظرا لأنه يصعب توفر أية قرائن يمكن مشاهدتها أو رصدها لدعم النظرية . ومن الناحية الأخرى ، يكاد يتعذر على عالم الطبيعة الأرضية تصديق نظرية انجراف القارات ، التي تقول بأن قارات الوقت الحاضر ، إن هي إلا قطع كبرى من الصخر ، انشقت عن قارة ابتدائية واحدة ، ومع ذلك ، فهناك حقائق لا تنجح أية نظرية أخرى في تفسيرها ، كما نجحت هذه النظرية .

ونستطيع أن نكون فكرة عن التعقيد المتقطع النظير لهذا الموضوع ، عندما نلقي نظرة عابرة على تاريخ نظرية انجراف القارات . فقد كان موضعها الأساسي عالم أرصاد جوية ألماني هو ألفرد فجنر ، الذي شعر بالحاجة لتفسير التوازي في نشوء الكائنات الحية خلال العالم . فقد وجدت نباتات وحيوانات متشابهة ،

فى مناطق منفصلة انفصالا كبيرا عبر التاريخ الجيولوجى . وتلك الحقيقة حيرت علماء الحياة فى مستهل هذا القرن . ومن التفسيرات العادية التى ظهرت ،افتراض وجود قناطر أرضية تصل ما بين القارات ، ولكن من الصعب قبول هذا الرأى ، حتى إذا لم يكن هناك سبب آخر ،سوى أنه لا يوجد اليوم أى أثر لمعظم تلك القناطر التى افترض وجودها ، والتى لابد أن كانت لها أهميتها وشأنها ،إذا ما قدر لها أن تبقى مئات ملايين السنين . ولقد اقترح فجنر بدلا من ذلك ، أنه كانت هناك كتلة واحدة لقارة عظمى تسمى (بانجايا) ، بينما باقى الكرة الأرضية كان يغطيه محيط واحد هو (الباتالاسا) . وبمضى الوقت ،تشققت قارة (بانجايا) ،وانفصلت إلى أجزاء ،وتحولت أجزاؤها متباعدة عن بعضها بعضا ، لتكون قارات هذا العصر .

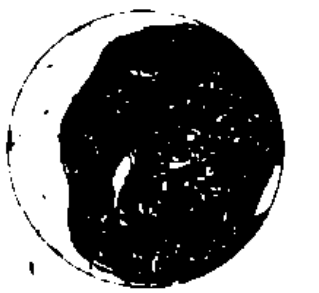
ويجد فجنر فى تلك الفكرة البسيطة ، ما مكنه من تفسير عدد من الحقائق المعقدة ، إلى جانب تقرير النشوء فى زمن واحد . واقترحت الفكرة تفسيرا لسر أن جنوب أفريقيا ، والهند ، واستراليا وجزءا من جنوب أمريكا ،تحمل نفس علامات ثلاجات ما قبل التاريخ ،وماخلفه الجليد من صفحات ، لا يمكن أن يخطئها أحد . ويمكن فهم تلك الظاهرة ،لو أننا افترضنا أن تلك الأراضى كانت فى يوم ما تحيط بالقطب الجنوبى ، الذى اعتقد فجنر أنه كان بالقرب من ساحل أفريقيا الغربى . وبالمثل ، فإن ترسبات الفحم الحجرى فى أوروبا ،وأمريكا الشمالية ،وقارة المنجمد الجنوبى ،تدل على احتمال وجود تلك القارات فى بقاع استوائية فى الماضى . وإن مجرد النظر إلى كرة تبدو أنها تحقق انجراف القارات : ساحل الأمريكتين ينسنى تماما مع ساحل غرب أوروبا وأفريقيا ، كما لو كان الساحلان قد فصلا وانتزعا بالفعل . أثناء فترة ما فى الماضى . وهناك أيضا تكوينات جيولوجية متشابهة ، تتسنى مع بعضها بعضا فى كل من النرويج وكندا فى الشمال ، وجنوب أفريقيا وبتاجونيا فى الجنوب .

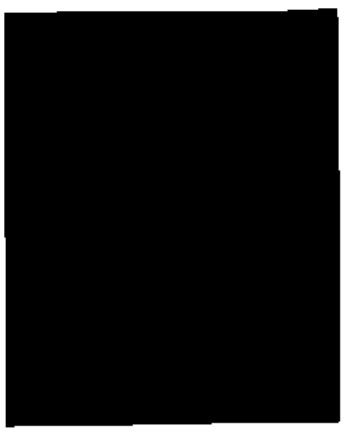
بيد أنه لسوء الحظ ، لا توجد هناك قوى معروفة ،تبلغ من القدر ما يكفى لتحريك القارات من حول الأرض ،وتستطيع أن تفسر لنا انجراف فجنر وفروضه التخيلية ، ناهيك بتقسيم قارة إلى أجزاء . ولقد دلت القياسات الدقيقة إلى أقصى حد ، على عدم وجود أية حركة مستمرة للقارات فى هذا العصر ، رغم أن النظرية تتكهن بأنه من اللازم أن تكون القارات لا تزال تنجرف . وكانت الهيئات حيث هى الآن ، تبعا للدراسات الجيولوجية والبيولوجية لما فى أبعادها من رواسب ، فى خلال الفترة التى افترض خلالها أن القارات كانت تتجول على وجه الأرض . وأكثر من ذلك ،فإن الأرصاد بالذات التى بدت أول الأمر أنها تدعم نظرية انجراف القارات ،لم تكن مقنعة عندما امتحنت عن كثب ،فالرياح ،والأجسام الطافية ، وتلك القناطر الأرضية القليلة التى أمكن العثور عليها والتحقق منها — على غرار الممر عبر مضيق بيرنج — تعلل لنا تماما ظهور النباتات المتشابهة ، وأنواع الحيوان المتقاربة حول الأرض .

وبالنسبة لموضوع المناخ ، دلت الأبحاث التى أجريت بعد ذلك ، على أن الثلاجات قد وجدت قبل وبعد إرساء الفحم وتكونه فى أماكن عديدة ، وهو ما استطاع فجنر وأتباعه أن يفسروه ، عندما افترضوا فقط أن القارات تجمعت مع بعضها بعضا مرة أخرى ، بعد أن كان قد تم تباعدها أولا ، وما يحيرنا من أمر التشابه أو التطابق فيما على القارات ، ليس كذلك حقيقيا تماما .

ولكل هذه الأسباب ،عدل معظم الجيولوجيون تقريبا عن نظرية انجراف القارات ، تماما كما تبددت نظرية التصادم الخاصة بأصل المجموعة الشمسية بوساطة الفلكيين ، عندما ظهرت ضدها الحسابات القائمة على الرصد والتتبع . والذى يحيى أو يميت النظريات الفلكية ،هو سيف التجربة ، وبصرف النظر عن مدى ما لبعض النظريات من جاذبية وسماحة بالنسبة للرجل العادى ، فإنه لا يمكن الأخذ بها ،مالم تتسق مع ما يشاهد أو يرصد بالفعل .

ولقد مات اليوم فكرة أن المجموعة الشمسية هى ثمرة الاقتراب بين شمسنا ونجم آخر ، ولكن من العجب بمكان ، أن تدل القرائن الحديثة على أن القارات كانت قد تزحزحت عن مواضعها قليلا فى الماضى البعيد . ولقد تم العثور على تلك القرائن بطرق عديدة ، تتجلى فيها عبقرية البشر ، وهى تقوم على أساس الحقيقة التى تقول إن العديد من الصخور ، يحتوى على مركبات الحديد .





ومهما كانت طريقة تكوين تلك الصخور ، فإنه أثناء فترة تجمدها ، تصبح حبيبات معدن الحديد ممغنطة في اتجاه مجال الأرض المغناطيسي ، تماما كما تنعطف برادة الحديد في المجال المغناطيسي لأي مغناطيس . ومن الوجهة النظرية ، إذا لم تكن هناك أية حركات للقارات على الإطلاق ، أو زحزحة القطبين ، فإن تلك الحبيبات لا تكاد تجمد في مواضعها ، حتى تشير على الدوام إلى القطب .

وفي الحقيقة ،فإن المجال المغناطيسي لكثير من مثل هذه الصخور الممغنطة ، إنما يشير إلى اتجاهات مختلفة ، تعني إما أن أقطابها تحرك ، وإما أن الصخور ذاتها هي التي تحرك .

وهناك أسباب نظرية لها وجاهتها ،تحمل على الاعتقاد بأن القطبين المغناطيسي والجغرافي ، بينما يعرف كل منهما بأنه يتحرك بالنسبة إلى الآخر ، لا يتغيران على الإطلاق بأكثر من ١٠ أو ١٢ درجة . وعلى ذلك فإن أية صخور ممغنطة ، تتجاوز اتجاهاتها هذا القدر بالنسبة إلى الشمال المغناطيسي ،يمكن افتراض أنها تحركت ، أو أن القارات التي توجد فيها ربما قد تحركت . وهذا الدليل بلا ريب يدل على شيء من انجراف القارات ، ولكن لا يدل على شيء مما افترضه لجنر .

وأكثر من ذلك قبولا وجاذبية ،ما تدل عليه دراسات مغناطيسية الصخور من أن (كل) القشرة الأرضية زحزحت بالنسبة إلى محور دوران الأرض . ومن العجب ،أن مثل هذه الزحزحة العظمى أسهل تفسيرا من الحركة النسبية لكل قارة على حدة ، وذلك نظرا لأن قيعان المحيطات تبلغ من الصلابة الدرجة الكافية لإمساك القارات في مكانها ، بينما القشرة ذاتها تبدو غير محكمة التماسك والربط مع ما تحتها من ستار .

وهناك أيضا نظريتان خاصتان بتولد القارات ،تستدعيان اليوم انتباها جديدا أكثر .

والقديمة منهما هي نظرية التقلص أو الانكماش ، وقد ظهرت أول مرة في أواخر القرن التاسع عشر ، ثم عدلت بعد ذلك وحورت ،لتصبح ذات صورة منطقية مناسبة ، ولكن ليس من اللازم أن تكون صائبة . ومن وجهة النظر هذه كان للأرض الأولى ، في وقت ما قبل ثلاثة آلاف مليون سنة ، غطاء رقيق متجانس من صخور البازلت . وعندما برد الستار الذي من تحتها تقلص السطح ، وبدأ التصدع والتهشم ، نظرا لأن الجزء الداخلي من الأرض ، احتفظ بدرجة حرارة وحجم ثابتين . ولقد تسربت خلال الشقوق الأبخرة ،والغازات ،والصخور المنصهرة ،مكونة على التوالي المحيطات ، والغلاف الجوي ، ونوى القارات . وهنا بدأت عوامل التعرية عملها ، فحملت هشيم الصخور ليستقر حيث القواعد الرسوبية السميكة على طول حدود القارات الأولى الصغيرة ، ولقد نجم عن ضغوط تلك الطبقات تصدعات أخرى ، غير بعيدة عن الشاطئ . وأحدثت هذه الشروخ الجديدة انبثاق أبخرة ،وغازات ،وصهارات أكثر وأكثر من باطن الأرض ، وتمت إضافتها إلى المحيط والجو ، كما سببت نمو سلاسل الجبال على حواف القارات . ومع مضي الوقت ، اتسعت القارات أكثر وأكثر بالمادة الجديدة التي كانت تضاف إلى حوافها ،عن طريق ظاهرة التصدع والتشقق . وبالتالي كان التشقق ينتج بوفرة ، كلما تراكمت الرسوبيات الناجمة عن تآكل القارات بعوامل التعرية .

والفرض الأساسي من النظرية هو انكماش القشرة ، وهو أمر يبدو بدوره غير سهل التعليل ، على أساس مجرد التبريد البحت للسطح. فقد يكون الانكماش من نتائج تسرب البخار ،والغازات ،والصخور المنصهرة خلال ما ولدته الصدفة من شقوق وتصدعات ، وأن فقد تلك المادة ،أدى إلى تقلص سطح الأرض الأصلي . وعلى ذلك ، فقد تكون قشرة الأرض الأصلية (الأولى) عند حدود ما يعرف الآن باسم ،الاستمرة موهورو فسك ،وكل ماهو عليه اليوم جاء من أسفل ،خلال عدة آلاف مليون سنة التي مضت.

ولزاما علينا أن نولي اهتماما بنظرية تيار الحمل ، التي تنادي بوجود سيال عظيم من المادة داخل الستار ، يشبه إلى حد كبير ذلك الذي يحدث في آنية الحساء.وقد تصاعدت منها فقاقيع الغاز ، لكي تركز المادة الجرانيتية لأديم الأرض في كتل عظمى من القارات على السطح ، على هيئة الفقاقيع تقريبا ، ومن اللازم أن تفترض هذه النظرية أن كلا من الجرانيت والبازلت ، كان جزءا من القشرة القارية الأولى ،

ولكن ليس لدينا ما يدل على أن الحـــال لم تكن كذلك . ومن اللازم أيضا أن تعالج حقيقة أن سريان المـــادة فى الستار ليس سريانا على الإطلاق بالمعنى الذى نفهمه ، ولكنه بطئ إلى أقصى حـــد ، وربما كان يحتمل بوصة كل سنة . وعلى أية حال ، نحن بصدد أزمنة سحيقة ، والمهم هو نشوء نوع من الحركة مهما كانت صغيرة . فإن بوصة كل سنة ، عندما تمتد على طول عدة ملايين السنين ، تتمخض عن عدة مئات الكيلو مترات .

ولكل من هذين الفرضين الحديثين ، ما يؤيده من القرائن والأدلة ، وليس أمرهما مستحيلا فى علم الطبيعة ، أو حتى مما لا يقبله العقل . وهناك عدد وفير من علماء الجيولوجيا اليوم ، يميلون إلى الجمع بين الفرضين ، مع اعتبار أن الانكماش هو الذى يلعب الدور الأكبر ، بينما تلعب تيارات الحمل الدور الثانوى .

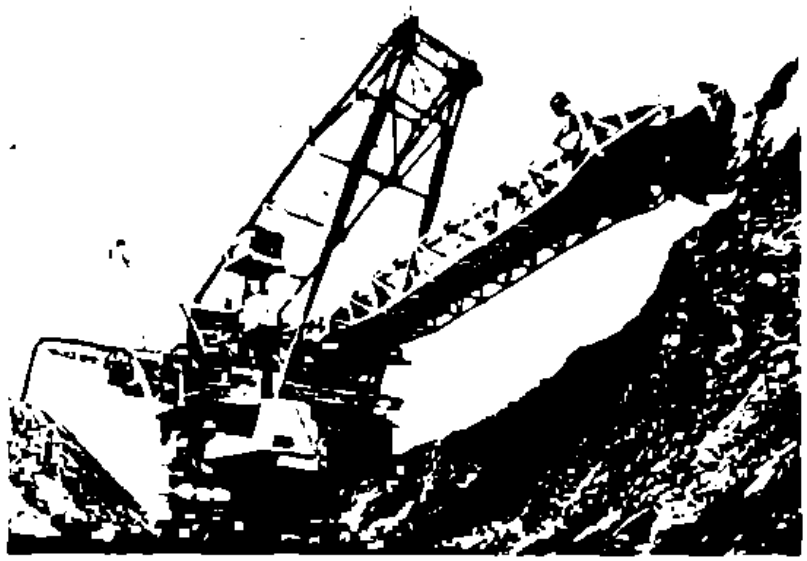
وبينما تلقى هاتان النظريتان اهتماما أكثر تركيزا عن غيرهما من قبل جمهرة الجيولوجيين ، تظهر نظريات جديدة بصفة مستمرة . ولقد اقترح الجيولوجى البحرى بروس هيزن ، أن الأرض (تتمدد) ، وبهذه الطريقة وحدها يستطيع أن يفسر لنا الكثير مما لا يزال غامضا فى تاريخ الأرض . فالتمدد هو الذى يشقق القشرة على طول خطوط التصدعات ، التى منها تنبثق المـــادة الجديدة . وعندما تتباعد أجزاء القشرة عن بعضها بعضا ، تعانى محتوياتها ضغوطا عالية ، من أجل دفع الجبال إلى أعلى دفعا جبريا . وتلك قصة جديدة ، ولحة عاجلة ، بل وفكرة أخاذة فى مرحلة نشرتها الحالية ، تعد مجرد فكرة يجب أن تمحص وتدرس ، بدلا من أن تؤخذ كفرض ، فرغ العلماء من أمره .

ولكن كل هذه النظريات تعالج موضوع قشرة الأرض . ومعظم الأشكال التى يراها سكان الأرض ، تلك البحيرات الكبيرة ، والتلال الوديعة ، والسطوح الثلجية المتألقة اللامعة ، والسهول الخضراء اليانعة ، والدلتا التى فيها المستنقعات شائعة ، والصحارى الجرداء القاحلة ، كلها من نتاج قوى أخرى . وهناك نظم يكاد لا يتصورها العقل من حيث المدى والقوة كونت ، ولا تزال تغير من شكل قارات الأرض ، وفصلت بين اليابس والبحر . ولكن يتبقى بعد ذلك ما نفكر فيه كمنظر طبيعى يخرج إلى حيز الوجود . وخلال تأملنا فى الطبيعة أيضا ، علينا أن نضبط الجيولوجى ، لأن متعته تزداد وتعظم ، بفهمه وإدراكه الطريقة التى بها ظهرت فى الوجود ، تلك الأشكال العديدة التى يراها أمامه .

على عمق حوالى ثلاثة كيلومترات تحت الأرض ، يعمل عمال مناجم الذهب الأفريقية على طوله نفق فى منجم روبنسن العميق بجوهانسبرج .

صيد الكنز الأعظم

من بين كائنات الأرض ، تعلم الإنسان وحده حفر كنوزها ، لكى يصنع الآلات . ففى العصر الحجرى ، نقب الإنسان عن حجر الصوان ، فلما تقدم به ركب المعرفة ، اتخذ سبيله إلى عصرى البرونز والحديد . ولقد أطلق الفحم الحجرى الثورة الصناعية من عقالها ، واليوم يمد ما فى الأرض من عنصر اليورانيوم ، العصر النووى بالوقود . وأعظم ما تقدمه الأرض لنا من هدايا براقة ، هى اليوم نفس ما كانت تقدمه دائما : الماس والذهب .



حفار جبار، يرتفع إلى علو ١٤٠ من القمة إلى القاعدة . وهو يحفر أنفاقاً إلى تطفل منطقة من المنجم في إليزابيث بعد إزالة الطبقات التي تغطي المنطقة تعمل آلات أخرى لاستخراج الفحم المكتشفة .

آلة طحن السطح التي يظهر مرتفعاً فيه بالفحم . تعمل هذه الآلة في المنجم ، حيث يستخلص كل ٣٠ ثانية طن كامل . وهناك آلات أخرى تعمل معها لجمع لطع الفحم المستخلصة . لوضعها على آلة واقفة تنقلها إلى السطح . وفي خلال العشرين سنة الماضية ، تضاعف معدل استخرا الفحم ثلاث مرات في الولايات المتحدة ، ويستخدم معظم هذا النمو الآن الآلات ، بدلاً من استخدام الأيدي البشرية .

منذ حوالى مائتى سنة مضت ، عندما راح الإنسان يستعمل الآلة المحركة ، وبطرق الحديد لصلب فى الصناعات الحديثة ، احتل الفحم مكان الصدارة فى توليد الطاقة . وقبل أن تستعمله جيوش الرومان فى إيقاد نيران معسكراتهم بزمن طويل ، كان استخراجه من (مناجمه) مقصورا على استخلاص ما هو ظاهر منه . ولكن الآن، تحفر الآلات الصخور الصلبة على سطح الأرض وفى باطنها ، حيثما توفر الفحم ، وحيث يوجد الكثير منه . فمثلا يوجد الفحم تحت معظم مساحة الولايات المتحدة الأمريكية ، ومعظم القمر المخزون منه فى الأصل ، البالغ ٢ بليون طن ، لم يمس بعد .

ويرجع أصل تكوين مخزن لطاقة الكامنة هذا إلى نحو ٣٤٥مليون سنة مضت، عندما كانت مساحات واسعة من الأرض، عبارة عن مستنقعات تغطيها غابات كثيفة من النباتات ، التى حجبت ضوء الشمس . وبعد أن ماتت تلك النباتات حيث كانت ، حدثت اضطرابات فى القشرة، وغطت الغابات البحار الضحلة مع طبقات من المواد الرسوبية ، ثم أعقب ذلك أن ظهرت مكانها مستنقعات جديدة .

وفى بعض المناطق، حدث هذا التعاقب بين البحر والمستنقعات مئات المرات، وتحت تأثير الضغوط العالية . ومضى الوقت الكافى ، حدثت تغيرات كيميائية بطيئة، عملت على تصلب طبقات النباتات المتحللة، وتحويلها إلى حفريات . وكانت النتيجة رواقات أو طبقات من الفحم الحجرى، ما زالت تحتفظ بثروتها من الطاقة الشمسية ، امتصتها النباتات فى العصور البعيدة .

إزالة الفحم بعد تفجيره من واجهة عرق صدع . مازال عمال مناجم كنتكى ، وهم يحفرون ممراتهم للسقف المنخفض، يجهدون أنفسهم باستخدام الخارون ، كما كان يعمل أجدادهم. وفى الولايات المتحدة، لا يمارس مثل هذا التعدين المضنى ، القائم على استخدام الأيدى والخارون . ولا يوجد الآن إلا فى المناجم المهجورة فقط ، أو فى المنتجات الخارجة ، بعد أن يعيد الأفراد العمل فيها .

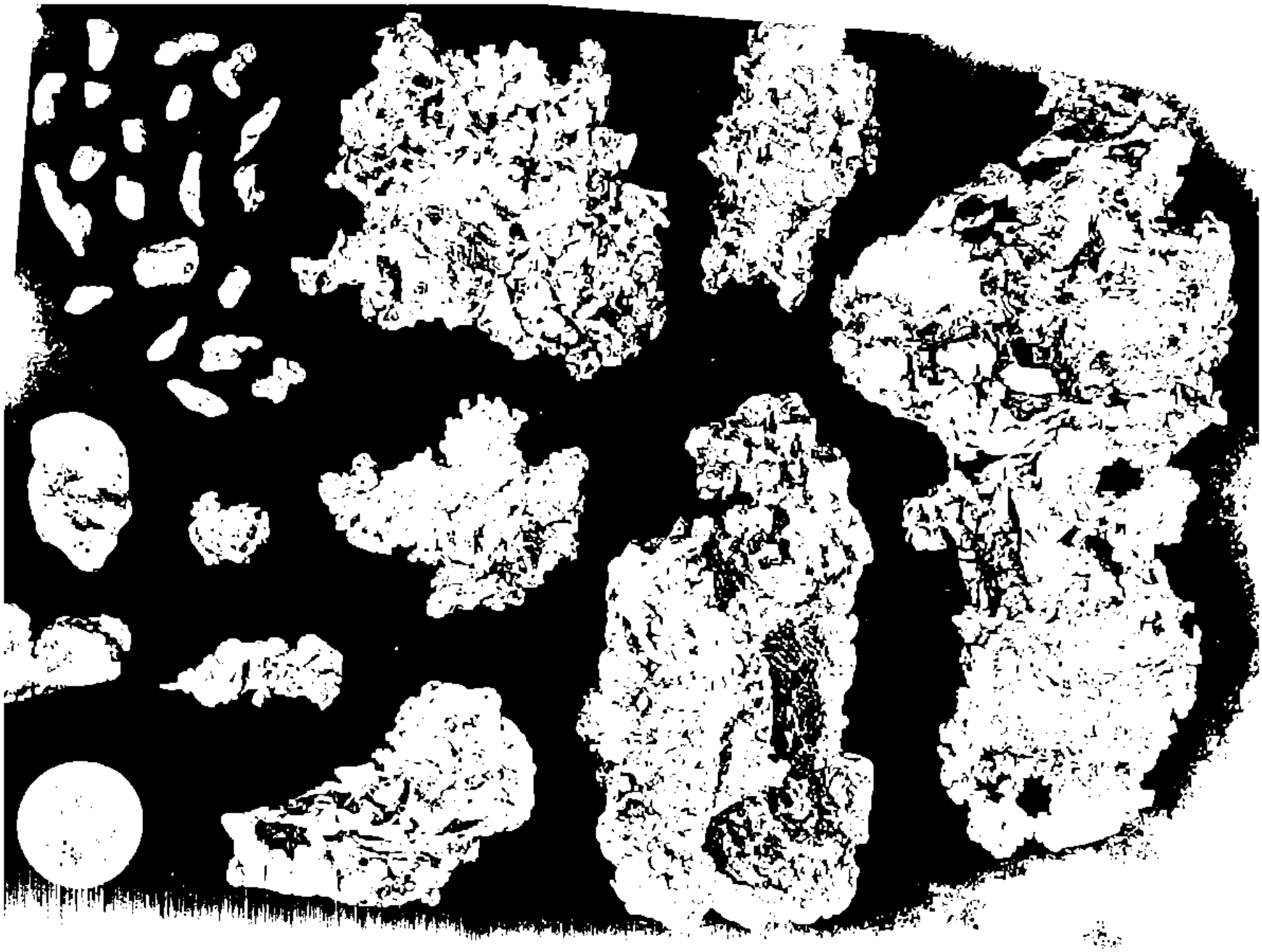
عمال المناجم فى جنوب أفريقيا ، وهم يحفرون الأرض بحثا عن الماس ، بين الصخور

حجارة كريمة تقدر بأكثر من ربع مليون جنيه ، تتلألأ وتلمع فى طاسة طعام ، بعد غسلها فى حمام حمضى .

لونه يميل إلى الزرقة يسمى كيمبرليت ، يكون ملفحا بالماس .

وقبل اكتشاف هذه العروق بزمن طويل ، بالقرب من كيمبرلى بجنوب أفريقيا فى السبعينات من القرن التاسع عشر ، كان عمال المناجم فى الهند وفى البرازيل يحفرون الأرض . ويستخرجون الماس المتناثر فى قيعان الأنهر الجافة . ولقد خلفت المياه الجارية تلك الترسبات ، بعد أن التقطت الماس من العروق البركانية . ونقلته عبر العديد من الكيلومترات . وأفريقيا غنية بمثل هذه القيعان الغرينية ، وبعروق الخام ، وهى تنتج الآن ٩٧٪ من إنتاج العالم كل سنة . البالغ نحو ٢٢ مليون قيراط ، أى أربعة أطنان ونصف طن . وتستخدم فى الصناعة كمية قدرها نحو ٨٠٪ ، لأن الماس ، وهو أصلب مادة على الأرض ، يستخدم كأداة لها فائدتها الصناعية ، كما أن لها قيمته كحلى وزينة للتجميل .

حجارة الماس المستخدم فى الصناعة ، تجمع من المناجم بمقادير هائلة فى الكونغو . وسوف تستخدم هذه الحجارة فى حك وحفر كل شىء ، ابتداء من الأسنان إلى آبار البترول .

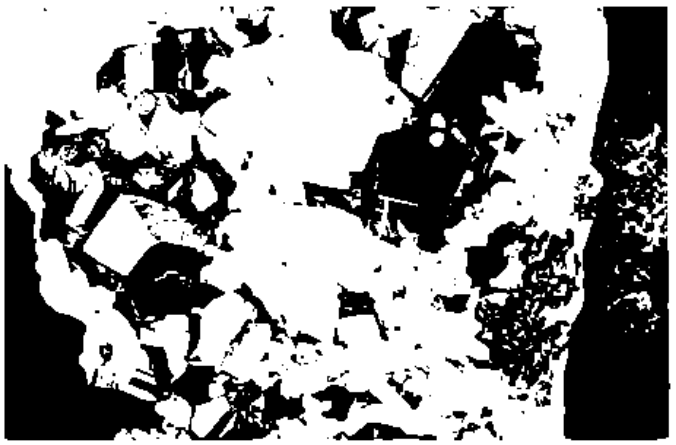


عرق غنى باليورانيوم من معدن الكارنوتيت الأصفر ، يختبره أحد تقنيين بوساطة عداد جيجر . وهو يوجد في أغلب الأحايين في هضبة كولورادو ، التي تعتبر من المصادر الرئيسية لليورانيوم في الولايات المتحدة الأمريكية . وقبل أن يحمل العنصر النووي من اليورانيوم، العنصر الأول من حيث الأهمية ، كانت لمعدن الكارنوتيت قيمة متواضعة ، كمصدر لليورانيوم و للفاناديوم .

شعور سيلكي

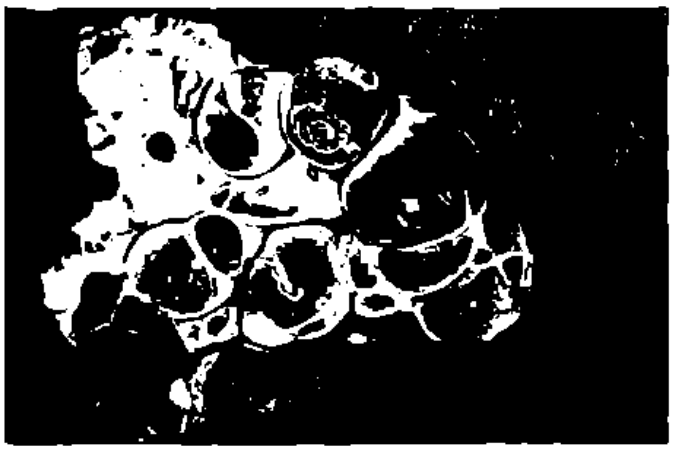
المرو البلوري

كالكانفسيت



خرو البيريتى

فحم الطاووس أو الفحم الحجرى متعدد الألوان



لازورد بترو ديدالى ـ متحيث ليموشيت

الزجاج المشى القابل للكسر من شعور بيل ، إلى الألوان اللامعة لقطعة عادية من فحم الطاووس أو الفحم متعدد الألوان ، ومن الأنسجة الخشنة للأسبستس الطبيعى ، إلى سفالبريت روبى اللامع الوضاء ـ الذى على هيئة حجر كريم ثمين ، رغم أنه ليس كذلك .

يبين الضوء العادى ، مجموعة غير مألوفة من الصخور حاملة المعادن ، كما تبدو على طبيعتها . والعين الخبيرة ، هي وحدها التي تستطيع ملاحظة الصفات التي تميز بينها .

عالم من الأشعة فوق البنفسجية الساحرة

في ضوء النهار ، لايكون لكل المعادن نفس الجمال الواضح ، الذى تتصف به المعادن المبينة على الصفحة السابقة . فالكثير منها يبدو مظلما على نمط واحد . ولكي يتسنى التمييز بينها ، تجرى بعض الاختبارات لتحديد طائفة من الخواص الطبيعية مثل التركيب ، والصلابة ، والوزن النوعى ، إلا أن الاختبار المرموق يتضمن استخدام الأشعة فوق البنفسجية ، التي تجعل أكثر المعادن إظلاما إلى قوس قزح بلون الشبح . ولئن كانت موجات الأشعة فوق البنفسجية القصيرة تجعلها غير مرئية للعين البشرية ، إلا أنها تحدث في بلورات بعض

ماس غريب الشاذ ، وإلا استجاب بطريقة طبيعية للأشعة فوق البنفسجية مع لمعان اللون . هناك حجر كريم لماسة واحدة فقط خضراء من بين ١٠٠ تتجلى مثل هذا التطيير في اللون بدلا من الضوء الأزرق الأبيض .

ينطلق وميض أخضر ، عندما تسلط الأشعة فوق البنفسجية على الوليميت ، وهو خام الزنك . أما الوميض الأحمر فمصدره تكلسيت . والقيمة التجارية « تنائق » تم تحقيقها لأول مرة عام ١٩٠٥ ، بوساطة عمال أحد المناجم في فرانكلين بنيوجرسي ، عندما وجدوا أن غبار الوليميت كان (يتألق) بطريقة ملحوظة ، حينما يعرض لشرارات الكهربائية المنبعثة من آلات التعدين .

٥

ليس منظر ظهور بركان جديد وهو يقذف بالحمم خارج أحد حقول القمح ، أو منظر جزيرة تغرق تحت الموج ، أو منظر زلزال يدمر مدينة من المدن ، من المناظر التي نألفها كل يوم . وبينما نجد الأرض على الدوام تعيد تنظيم مظاهرها وأشكالها، إذا بهذا التغير ، وذلك التبديل في وجه الأرض ، يتم على مهل بدلا من أن يكون كارثة . ولا تمنح فترة حياة الفرد على الأرض ، الزمن الكافي لجعل تلك التغيرات واضحة أمام عينيه . وعلى ذلك ، فإنه إلى أجيال قليلة مضت ، كان من المعقول افتراض ــ وهكذا فعل أغلب الناس ــ أن سطح الأرض يبقى في أي مكان على حاله ، وذلك يتوقف على (آخر حكم عليه) . وكون أن التلال عتيدة ، أو على الأقل ، كما قالها وليم كلين بربانت : « قديمة قدم الشمس » ، أمر لم يشك فيه أحد بصفة عامة .

ولكن علماء الجيولوجيا في القرن التاسع عشر ، كانوا قد عاينوا الأرض عن كثب من حولهم بدقة وعناية ، وبدأوا في التوصل إلى حلول كانت متوفرة طوال الوقت . ففي كل مكان ، إما أن تتقدم خطوط الساحل وإما أن تتقهقر ، وحافة نياجرا راحت تتباعد بمعدل عدة أقدام كل عام ، وكانت بعض التلال (الخالدة) في سبيلها إلى التحلل ، بينما ظهرت تلال أخرى كأنها ترتفع . وبمرور الوقت ، عرف الناس أنه حتى « طرطشة » نقطة المطر الواحدة على التربة ، التي لا يشعر بها الإنسان ، وغم أنها تغرق السومة

أو سوسة الخشب ، فما قيمة ما نبذل في إعادة بناء منظر الأرض . وفي كشف هذا الهدم والبناء، صارت أطلال المعبد الإغريقي سيرابيس في پوزولو بجوار نابولي ، نوعا من المعرض الجيولوجي ! . وعندما تم الحفر والتنقيب عن هذا المبنى ، وتمت دراسته بمعرفة العلماء، وجدوا أن العديد من أعمدته مازالت تقف منتصبة، وأن ثلاثة منها كانت تخترقها ثقوب. حفرت بنوع من قطعة ثاقبة ، لا تزال مألوفة في البحر المتوسط . بيد أن الذي حير الناس ، هو أن بعض الثقوب عملت بجوار قمم الأعمدة ، ولم تكن هناك طريقة معروفة للادعاء بأن أحدا قد تسلق الأعمدة إلى أعلى . ولم يتسن حل تلك المعضلة ، حتى هبأ الناس أنفسهم لتصديق ما دلت عليه القرائن بكل وضوح وجلاء : إن المعبد في زمن ما بعد تشييده، ابتلعه اليم. عندما هبطت الأرض من تحته . وقد حدث أن ارتفع المعبد بعد ذلك . وظلت أعمدته قائمة رأسيا .

وليس هناك على وجه البسيطة أي شيء آخر ، كما يبين ويتضح ، يمكن أن يظل ثابتا أو صامدا ، نظرا لوجود نظامين أساسيين من القوى، يدأبان على عمل صراع جبار ، خلق عليه الرائد الجيولوجي الاسكتلندي ، جيمس هاتون ، بقوله « لا نجد أية علامة للابتداء ـ ولا صورة من صور المستقبل » ، فتلك هي قوى الهدم الخاصة بالتجربة (التعرية بالجو) ، ثم قوى الهدم الخاصة بالتعرية ، أو التآكل ، والتفتت ، وقوى الرفع والتقلب . وتنصب تلك العمليات كلها على القارات ، وكل ما تشتمل عليه .

وتفوق كل من التجربة والتعرية كل الوسائل الأخرى ، التي تفتت الصخر ، وتنقل أتربته لكي ترسبها في مكان ما . أما البناء (دياستروفزم) فهو يرمز إلى الأصل الإغريقي « التقلب الجيد » ، الذي يعني الوسيلة التي بها تستمد قشرة الأرض الخارجية المواد اللازمة لها ، وكيف تتحرك وتنثني ، وتتصدع ، وتطوى ، وتسحب من أسفل . ولو أن إحدى هاتين القوتين اكتسبت أقوى شدة لها ، لأدى ذلك إلى عالم لا تستطاع معرفته . فالتعرية وحدها يمكنها أن تكسح معظم أمريكا الشمالية إلى المحيط ، خلال ٢٥ مليون سنة ، ولا تخلف إلا أرضا منبسطة منخفضة ، قد يغطيها في النهاية البحر . وعمليات البناء ، من غير أن تختبرها ، من شأنها أن تجعل لسطح الأرض معالم وحدود واضحة . والبناء هو الذي يمكن أن يجعل لسطح الأرض تضاريسه ومعالمه الوعرة ، كجبال القمر التي لم تمهدها عوامل التعرية . ولا يحدث مثل ذلك على الأرض ، نظرا لأن التوازن بين قوى النشوء أو البناء وقوى الهدم قائم على الأرض ، ولو أن وجودها لا يعكر صفو الأمن والسلام .

وما أن تم فهم طبيعة التطاحن القائم بين القوتين ، حتى تمكن العلماء من توضيح معظم ما غمض منذ القدم ، وغاب عن الفهم والإدراك من تضاريس الأرض . ومن ثم التعرف على العلل والنتائج . وعلى هذا النحو ، فك رموز ما تدل عليه الصخور المختلفة ومعرفة مدلولها . وتمت قراءة شفرة حجر رشيد بالنسبة لعلم الجيولوجيا ، ومن ثم أمكن أن تبدأ الدراسة .

ومصادر القوى الجبارة التي رفعت الجبال ، بمنأى عن الأنظار في أعماق الأرض ، ولكن معظم هذه العوامل الخاصة بالتعرية ، إنما تمارس وظيفتها أمام أعين الناس أجمعين . وأقواها وأبعدها أثرا الماء الجاري ، ولقد سبق أن عرفنا أن الغلاف الجوي يحمل كل عام نحو ٤١٧,٠٠٠ كيلومتر مكعب من بخار الماء ، وأن معظم هذه الأبخرة تعود فتسقط على المحيط ، إلا أن نحو ١٤٦,٠٠٠ كيلومتر مكعب منها يصل الأرض على هيئة مطر ، أو ثلج ، أو جليد متميع . أو برد . أو ندى . ويتسرب جزء كبير من المطر إلى باطن الأرض ، ويتبخر جزء أكبر من هذا مرة أخرى من قبل أن يسيل ويصل إلى مناطق نائية . ولكن المقدر بالحساب ، هو أن عشرة آلاف بليون جالون تجري منطلقة لتصب في البحر . وذلك هو الفيضان الذي يصبح بمرور الأعوام ، الآلة العظمى التي تشكل الأرض .

وليس أمر النحت والتشكيل متوقفا على الماء نفسه ، بقدر ما يتوقف على ما يحمله الماء معه من جسيمات ومواد كيميائية . فنهر ماء المجرى من الماء النقي ، الذي يتدفق مسرعا من أعلى الجبل إلى نهار بني هادئ نهر رئيسي ، إنما يمثل كيف يضيف كل رافد نصيبه من الجسيمات إلى المجرى الرئيسي . فمثلا تكون مجموعة نهر المسيسبي ، المصرف الطبيعي لمساحة من الأرض تقدر بنحو اثنين وربع مليون كيلومتر مربع . وفي خلال

العام الواحد ، ينقل النهر من منطقة المصرف ومجاري روافده نحو ٦٠٠ مليون طن من الطين ، والطمي ، وحطام المعادن ، وأجزاء في مثل حجم رأس الدبوس من الصخر الخام . ويجري بها لكي يصبها إلى خليج المكسيك ، وما يحمله من الترسبات المتراكمة . ومن أول شريحة من صفائح الميكا اللامعة التي يكشفها مجرى من المجاري الجبلية ، إلى آخر حبة رمل من الكوارتز في أسفل المجرى . تشارك كل حبة وتقوم بعملها في بناء مجموعة لسان المسيسبي ، التي تنحر وتقرض شواطئ النهر وقاعه على طول الطريق .

وسرعة سريان المياه ، من العوامل الأساسية التي تكون قوى التعرية في تلك المجموعة . فإن مجرى الماء الحديث نسبيا ، الذي ينحدر بشدة على سفح جبل من الجبال ، ليسري بسرعة ٣٠٥ متر في الثانية ، لا يحمل معه فقط جسيمات صغيرة عالقة ، وأطلاح المعادن المذابة في الماء ، ولكنه يطوي ما يصادفه من كتل الحصى والحجارة ، وحتى الجلاميد أو الحجار الكبيرة ، ويدفعها ويدحرجها إلى أسفل الجبل على طول قاعه . وعندما تهبط سرعة المياه ، بنقص ما يندفق منها من فوق الجبل . فتبقى الصخور الكبيرة نسبيا في مكانها ، ثم تتخلف من بعدها الصخور الأصغر . بحيث يكون المجرى نوعا من الآلة التي تفرز الحجارة والحصى ، فيتدرج ما تحمله أو ما يطفو فيها من أوزان ، تدرجا دقيقا إلى حد كبير ، لأن أول ما تسقطه هو المواد الغليظة الثقيلة . ويصل الحصى والرمل إلى القاع وإلى الشواطئ ، قبل أن تترسب جسيمات الطين . وهذا النظام ، وتلك العملية ، هي التي كونت ترسبات الذهب ، والصفيح ، والبلاتين ، التي تم الكشف عنها بما يسمى التعدين ، الترسبي ، (أو التعدين بغسل تلك المعادن وتخليصها من الرمل والحصى) ، وكثيراً ما كانت تلك المعادن الثقيلة التي تترسب في مجرى الماء الحامل لترسبات المواد الخام في الجبال ، يتم تركيزها تحت تأثير عملية الفصل أو الفرز ، التي تقوم بها المياه الجارية . وبالمثل ، عندما يترك تيار مائي سريع حدود أخدود من الأخاديد ، فإنه يغير معدل سريانه وتدفقه عندما يصاب فوق الأرض المنبسطة ، ويرسب طبقة حديثة العمر نسبيا من الطين ، والطمي ، والرمل ، على هيئة مروحة من المواد المفروزة فرزا جيدا ، فتوجد المواد الكبيرة الثقيلة بالقرب من الأخدود ، والمواد الأصغر والأكثر دقة على حدود المروحة الخارجية .

وفي العادة ، يبدأ تكوين أي وادي نهر عظيم كقنوات صغيرة في الأسطح المفتتة على جوانب التلال ، وكلما هطل المطر ، يزداد عمق تلك القنوات بفعل المياه الجارية ، ويسلك المجرى دائما الطريق السهل والأقصر ، المؤدي إلى سفح الجبل . ولو كانت المياه الجارية هي عامل التعرية الوحيد ، لأصبح المقطع العرضي الذي تحفره تلك المياه منحدرا عميقا رأسي الجوانب . ومع ذلك ، فهو يتخذ شكل حرف (V) ، نظرا لأن الجوانب تتآكل بمياه الأمطار ، والصقيع ، وعدة عوامل أخرى ، تعمل في نفس الوقت الذي يحفر فيه التيار القاع .

وعندما يزداد المجرى اتساعا ، يزداد كذلك ما يحمله من المواد المفتتة أو الطاحنة ، حيث تزداد قوة القطع والنحر ، ازديادا يتناسب طرديا مع مقادير تلك المواد الطاحنة . وعلى التدريج يزداد القاع عمقا ، وتتخذ أي طبقات مترسبة على الجوانب ، وتنفصل منزلقة إلى أسفل الوادي . وبذلك يتم تعريض مواد أخرى جديدة هشة لفعل التيار . ومع مرور الزمن ، يؤدي سريان المياه السريع في الأنهار الحديثة إلى تسوية القاع ، وهذا بدوره يؤدي إلى إحداث ميل خفيف ، يعطي تيارا بسيطا .

وبمرور الزمن ، تأكل مياه الأنهار الحديثة السريعة التدفق ، وكذلك الشلالات ، ما يعترض مجاريها من نتوءات تقاوم الحركة . ويقلل الميل العام الناجم عن هذه العمليات من حدة التيار . وعندما يتقدم بها العمر ، تتسع وديان المجاري ، التي كانت أول الأمر سريعة ومنحنية ، وتصبح تلك المجاري أنهارا قديمة مثل نهر أوهايو ، والمسيسبي ، اللذين ينسابان ببطء عبر وديان فسيحة . وتتميز تلك الوديان بكونها مسطوحة ومعبدة ، بسبب ما تحمل من طين ، وطمي ، ورواسب . قامت الأنهار بتوزيعها ، وهي تعرف باسم (سهول الفيضان) . وفي مواسم المياه العالية ، قد يغمر النهر شواطئه ، إلا إذا احتجزتها السدود ، ويفيض على السهل فيضيف طبقة من القرين فوق المساحة كلها . وقد تبني بعض الأنهار حواجزها بنفسها ، بأن ترسب الطمي على طول شواطئها أثناء الفيضانات ، وبمرور الوقت ، تعجز عن غمر الوديان ، باستثناء حالات ارتفاع الماء إلى أقصى حد .

وعندما تكون القيعان المنوعة ينحرها نهر حديث، ذات صلابة مختلفة، يخلو شكل الوادى الجانبي على هيئة (٧)، وأكثر من ذلك على هيئة زوج من السلالم المتقابلة. ولقد عمل النهر الحديث كلورادو فى أخدوده العظيم (جراند كانيون) على تكوين مثل هذا النوع من (الوديان ذات الدرج)، خلال عشرة ملايين من الأعوام، فتكون أعجب مناظر الطبيعة غرابة فى الولايات المتحدة الأمريكية. وفى بعض الأماكن، يقطع الأخدود ٢٠٠٠ متر داخل هضبة كلورادو. ونظرا لأن بحيرة ميد التى فى أسفل المجرى تنخفض عن قاع الأخدود العلوى بمقدار ٧٠٠ متر. فمن الواضح أن الأخدود العظيم (جراند كانيون) سوف يزداد عمقا إلى حد كبير، خلال بضعة ملايين السنين القادمة.

وبعد إزالة فروق هذه المستويات إلى آخر متر فيها - لن يكون الأخدود حديثا. وسوف يكون النحر أو القطع إلى أسفل فى الطرف، وعندئذ يقوم النهر بعمليات تعرية جديدة. تتضمن نحر الجوانب. ومعنى النحر الجانبي أن التجوال أو انسياب النهر هنا وهناك، سوف يتمخض عن إتاحة كل الصخور التى تبرز كالقباب المستطيلة، أو تظهر كالتوه أو البروز، كتلك التى تقف الآن بمظهرها الرائع، فى فجوة العشرين كيلومترا من الهضبة المتآكلة بين قم الشمال والجنوب. وحتى القسم، سوف تجبر على التراجع. وبمرور الوقت الكافى، سوف تؤدى عمليات الرفع والخفض الجديدة، التى على غرار ما عهدته المنطقه من قبل، إلى أن يصبح الأخدود العظيم فى المستقبل البعيد، عبارة عن خطين من الجروف العالية المتحدرة، التى تعترض سبيل سهل فيضان عرضه ٨٠ كيلومترا، ينساب خلاله نهر كلورادو الهرم فى رفق، من فوق غطاء سميك مما رسب النهر ذاته من مواد.

وتجرى أنهر المساء ورواقدها، بينما تزحف الثلاجات فقط، ومع ذلك، فإن الجليد الذى يسرى هو عامل أساسي كذلك من عوامل التعرية. فالثلاجة عبارة عن مجموعة الثلج الذى ضغط تدريجيا إلى جليد. وبمضى الوقت، يصل وزنها من الكبر درجة يبدأ الجليد معها فى الانزلاق إلى أسفل الجبل، ناحتا ومهشما الصخور التى من تحته أثناء مروره عليها، وذلك بوساطة الحجارة والجلاميد المنغرسة فى القاع، ومن ثم يتم تهذيب التربة وتعميقها. وينطبق ذلك على كل شئ يصادفه الجليد فى طريقه. ولكن النهر إنما يتحرك فى خلال ثوان معدودات، عبر مسافات تقطعها الثلاجة فى المتوسط خلال عام كامل. وهناك ثلاجات عديدة فى جبال الألب، تزحف إلى أسفل الجبل بمقدار قدم واحدة فى اليوم، بينما فى الاسكا ثلاجات تتقدم بسرعة قدرها نحو ١٣ مترا فى اليوم الواحد كذلك.

وليست قلة السرعة دليلا على عدم فاعلية الثلاجة فى تشكيل التضاريس وتكييفها. فعندما يكون سمك الثلاجة نحو ٣٥٠ مترا، تجدها تؤثر بقوة تبلغ نحو ٣٠ طنا على القدم المربعة من قاع الوادى الذى من تحتها. وهذا الضغط يمكن الحجر الذى تسحبه الثلاجة معها من أن يرد. ويسوى حضور القاعدة التى من تحته. وفى الواقع، لا تبدأ الوديان بالثلاجات، ولكن التعرية بالثلاجات تعيد تشكيل التضاريس التى يخلفها المساء الجارى. وتسفر النتيجة عن ظهور واد على هيئة حرف يو (U)، بقاعدة فسيحة مسطحة أو مستوية، وجوانب عظيمة الانحدار تنتشر فيها بقايا الصخور التى تترسب بعد ابتعاد الثلاجة.

وفى هذا العصر، لا توجد طاقيات ثلجية على الأرض، إلا تلك التى تغطى جرينلند ثم منطقة القطب الجنوبى. والغطاء الجليدى الذى انتشر من آن إلى آخر على القارات الأخرى فى الماضى، غير من منظر الأرض الطبيعى، كما تفعل الثلاجات الجبلية، ولكن على نطاق أوسع بكثير. وتنتشر الطاقيات الثلجية على طول أنصاف أقطارها، مكتسحة أمامها كل الأشياء غير المثبتة والبارزة التى من تحتها. وقد اكتسح الغطاء الجليدى المعروف باسم لورنت، الذى سبق أن انساب إلى شمال أمريكا، معظم كندا حتى مجرى الصخور السفلى، خلفاً وراءه منخفضات ضحلة تمتلئ اليوم بالبحيرات، وأرضا عارية خاوية على عروشها، لا تستطيع اليوم أن تتحمل الزراعة إلا بصعوبة. وجريا على ما يعتقد أن سكنديناوه ما زالت ترتد صاعدة بعد الذى عانته تحت وطأة الأثقال التى جعلتها تنخفض بتراكم الثلوج إبان العصر الجليدى الأخير، فما زال هناك أجزاء من أمريكا الشمالية لا تزال تتخلص من أعباء الجليد الوزنى الذى غطاها. وبعد أن وصل الغطاء الجليدى إلى سانت لويس فى أواسط الغرب، وإلى مدينة نيويورك فى الشرق، سبب هبوط القشرة الأرضية إلى أسفل، عبر

يرينا الرسم العلوى، كيف تحفر المقارات فى طبقات الحجر الجيرى. فإن الماء المتدفق على حامض الكربونيك، يتسرب إلى أسفل خلال شقين من الأرض مثل (أ، ب)، لتجتاز طبقة من الصخر أكثر مقاومة، عندئذ يتخذ طريقه أفقيا، آكلا الحجر الجيرى حتى يصل إلى النهر جـ.

وفى هذا الشكل، استمرت التعرية الكيميائية للمقارة فى عملها، حتى صار الشكل ب أفقيا واسعا، أجوف، واستطاع الماء الحامضى أن يخترق طبقة عبر ما تحته من طفلة.

وفى أثناء ذلك، عملت التعرية على تعميق النهر، وخفضت من مستوى الماء فيه، تاركة المقارة الأصلية جافة باستثناء النبع.

مسافة تقدر بنحو ٣٥٠٠ متر . وعلى هذا النحو ، نقل إلى الجنوب قواعد الأراضى الشمالية القديمة ، ذات التربة الخصبة .

ولقد اضطلع الغطاء الجليدى العظيم بأعمال أكثر من نقل التربة . فخلال العديد من القرون التى كان الجليد فيها يتقدم ثم يتأخر ، برزت حوافه الأمامية ، محملة إلى حد ما بما جرفت قاعدته من الطين الدقيق ، المكون مما يعرف باسم مواد (اللانجونة) . وقد احتوى ذلك الطين أجزاء صغيرة من الكوارتز ، والفلسبار ، و (الميكا) ، والكلسيت التى انتزعت من صخور القاعدة . وسريعا ما تجمد ذلك الطين ، الملىء بالحصى وجريش الصخور . وبعد ذلك ، تعرض لرياح العصر الجليدى العاتية ، التى كنست المسحوق الجاف ، وحملته بعيدا بعواصف رمال ، لم تعهد الأرض مثلها منذ ذلك الحين . واليوم ، من بحر قزوين وعبر سهول وسط آسيا ، إلى حوض هوانج هو فى الصين ، ومن جبال الروكى إلى بنسلفانيا الغربية فى الولايات المتحدة الأمريكية ، توجد ترسبات تمتد إلى عمق مئات الأمتار من الدلغان (لوم) الغنى المعروف باسم الطين ، ويتكون من نفس جسيمات غبار الصخور ، التى عرضها غطاء الجليد للرياح ، وهو عبارة عن مادة تثير الاهتمام . فقد يحفر بسكين ، كما يمكن أن تنحت فيه مغارات ارتفاع الواحدة منها عدة أمتار . والطرق التى تجرى فوق تلك الأراضى الصلصالية ، تغوص وتنخفض على التدريج كل عام . وفى الصين ، بعد أن تم استخدامها سنين طويلة ، هبطت إلى أسفل عبر مسافة وصلت نحو ١٣ مترا تحت سطح الأرض على الجانبين .

وتطالعنا الترسبات الصلصالية البعيدة عن الجانبين بما يمكن أن تفعله الرياح ، لكى تكون أكواما من المواد التى خلقتها عوامل التعرية ، ولكن لن يسمح لنا ذلك بأن نتجاوز الحد فى تقدير الرياح وحدها ، فنعتبرها عاملا من عوامل النحت . وهذ زمن غير بعيد ، كما تذهب الجيولوجيا النظرية ، أرجع أمر تلك الصخور التى خلفها القدر ، والعرائش ، والأقواس ، والقبوات ، والخلزونات ، والقناطر الطبيعية ، الموجودة هنا وهناك فى المناطق الصحراوية ، وأسندت كلها إلى فعل الرياح ، أو تعرية رياحية . والآن ، يعرف علماء الجيولوجيا أن المساء كان هو العامل الأساسى فى عمليات الهدم والنحر . وعلة ذلك أن الرياح ينبغى أن تحمل معها الرمال والحصى ، قبل أن تستطيع القطع والبتر ، وحتى الرياح الشديدة ، لاتستطيع حمل الرمال الثقيلة إلى ارتفاعات تزيد على مترين أو ثلاثة . ويمكن أن تحمل الرياح الرمل الرفيع إلى ارتفاعات أكبر بكثير ، إلا أنه عديم الأثر فى التعرية .

وكثيرا ما تكتسب الأقواس الطبيعية والقنوات أشكالها الغريبة الشاذة ، بفعل التجوية الآلية ، وهى هى الطريقة التى تشاهد فى المناطق الصحراوية ، وتزداد عنفا بالمناخ الجاف ، ومع التغيرات الواسعة فى درجة الحرارة . ويلعب ضوء الشمس دورا فى هذا الشأن ، فالحبيبات المعدنية المعتمة اللون فى قطعة من الجرانيت ، ترتفع درجة حرارتها بمعدل أكبر من معدل تسخين القطع الأقل كثافة ، وتنجم عن الاختلافات فى معاملات تمددها ، ضغوط وإجهادات تهشم السطح وتحوله إلى كتلة من البلورات غير المتماسكة . وعندما يتجمد الماء داخل الشقوق والفجوات التى فى الصخور ، يؤدى إلى كثير من ذلك التفتيت ، فهو يتمدد بمقدار ١٠٪ عندما يتجمد ، فيعمل كعمل (العتلة) التى يوسع بها الشق ، أو تكبر بها الفجوة . وفى مناطق الغابات ، تقوم جذور النباتات والأشجار بعمل شىء مماثل ، عندما تخترق الشقوق الصلبة ، وتعمل على انقسام الصخور بمجرد النمو .

وهناك جانب كبير من التجوية يتم تحت سطح الأرض . فنقط الماء التى تخصبها الأرض ، تملأ الفراغات الموجودة بين جسيمات التربة والرمل ، وتخترق مسام الصخر المسامى . وبصفة عامة ، تغور تلك النقط القشرة إلى عمق عدة آلاف الأمتار . وهى التى ترفع مستوى المساء فى التربة ، الذى هو عبارة عن السطح العلوى لمنطقة تكاد تكون مشبعة ، وتتبع بطريقة خشنة تضاريس الأرض . ويظهر مستوى الماء على سطح الأرض على هيئة البحيرات والمستنقعات ، كما يفطر من جوانب التلال ، وينبثق من الفجوات وينشع فيها ، ويملأ الأجزاء السفلى من الآبار ، أو يندفع إلى أعلى من الآبار الارتوازية .

ومن الجائز أن يكون هناك ماء تحت الأرض فى وقت ما ، أكثر من مياه البحيرات والأنهار مجتمعة . وهذه المياه الجوفية إنما تصنى المركبات الكيميائية من إحدى التكوينات ، لكى ترسبها فى تكوينات أخرى ، وعندما

يحمل الماء قدرا كافيا من حامض الكربونيك – من غاز ثانى أوكسيد الكربون المذاب . والمواد العضوية المتحللة – وعندما تتحلل تكوينات الأحجار الجيرية ، تحدث التجاويف الكيميائية . فإن الحامض يأكل أو يذيب الصخر . ويصبح الماء محملا بالحجر الجيرى المذاب على هيئة محلول كربونات الكالسيوم . وفى سطوحات الحجر الجيرى . قد تنهار الأرض محدثة الحفر المعروفة باسم (ثقوب الابتلاع) فى انجلترا ، (والكارستات) فى أوروبا . و (السينوتات) فى يوقاطان . وثقوب البالوعة فى فلوريدا . وترجيليا ، وتنيسى ، وكنتكى . أما فى إندياناء فهى تعرف باسم الحواء الملوء ، حيث قد توجد المئات منها فى الكيلومتر المربع الواحد .

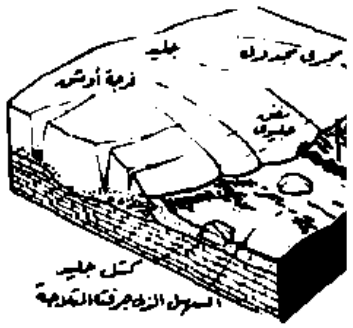
ونفس عمليات الترشيح هذه . هى التى فرغت وخلقت مثل تلك التجاويف الأرضية فى كهوف لوراى بفرجينيا . وكهوف ماموث فى كنتكى . وكل كهوف كارلسباد التى لا تحصى بنيومكسيكو . بخلاياها الواقعية من أعمدة الستالاكتيت . والستالاجميت . وعروق الصخور الصلبة . وكلها مما ترسب من كربونات الكالسيوم نقطة بعد نقطة على هيئة (حجارة القطر) . وتتضمن المادة العديد من المعادن ، مثل التى توجد فى مجموعة الحديد والمنغنيز . تلك التى تنشأ على عمق كبير فى باطن الأرض . وتصبح غير مستقرة عند السطح . وتعتبر صبغة اللونين الأحمر والبنى التى تظهر على الصخور المتضمنة لها . من علامات تحللها الكيميائى ، عندما تهاجم بحمض الكربونيك وأوكسجين الجو .

ويمكن اعتبار التجوية . الوسيلة الأساسية والقاعدة التى عليها ترتكز عمليات التعرية . وذلك لأنها تولد وتكون أول حطام الصخور وأجزائها الصغيرة ، التى تستخدمها المياه والرياح فيما بعد . لإحراز ما يقومان به من شحن ونقل . أما أهمية التجوية بالنسبة إلى الإنسان . فهى واضحة لأنها تمد التربة بالعناصر الرئيسية ، التى بدونها ما دبت الحياة فى القارات . وعلى الرغم من أن التربة تحتوى كذلك على مواد عضوية متحللة . إلا أن أساس تركيبها هو الجسيمات المعدنية . وحطام الصخور . وأتربتها التى تكون تربة القارات . والتى مآلها . فى المستقبل البعيد . أن يتم تضاغطها إلى صخر مرة أخرى . وما الحصى والرمل الذى يكون التربة . إلا وسط مثالى لنشاط نمو النبات .

فمن اللازم أن يحصل النبات على الأزوت فى صورة مذابة ، لعدم استطاعته امتصاصه مباشرة من الهواء . وتحصل النباتات على الأزوت بطريقتين : يحوله البرق إلى أوكسيد الأزوت الذى يذوب فى ماء المطر الهاطل إلى التربة ، كما تحوله بعض أنواع البكتيريا التى فى التربة من غاز إلى مركبات يمكن أن يمتصها النبات . فالرغام . وما تفرزه دودة الأرض . وإفرازات غيرها من الأحياء الموجودة فى التربة . كلها تعمل كخزانات للأزوت القابل للذوبان . ودورة الأزوت هذه لازمة للحياة . والصخر الذى تعرض للتجوية . فى التربة أساسى . ولازم لتكرار تلك الدورة .

ولقد رأينا فى ابتداء هذا الباب ، أن البحر يغلب على الأقل دورا جانبيا فى ارتفاع وانخفاض الشواطئ . وهو كذلك من عوامل التعرية . ففى كل عام . يدفع ساحل كل إقليم الضريبة لمد وجزر . وللأمواج التى تثيرها وتدفعها الرياح . وذلك فى صورة أتربة خشنة ودقيقة . تسحب إلى القيعان الرسوبية للأرصفة القارية . ومع ذلك ، فإن المحيط فى مقدوره أن يضيف بعض الشئ إلى منظر الأرض الطبيعى . كما يمكنه أن يستقطع منه بعض الأجزاء . وإن ثغرة الرمل العظيمة المعروفة باسم (كيب كود) فى ماساشوستس . تتآكل على الدوام على طول الجهة التى تتعرض بها للمحيط الأطلنطى . إلا أنه يعاد بناؤها بصفة مستمرة بتكوينات رملية . تلتف من حول خليج كيب كود المحمى . والسياج الرملى العظيم . الذى يقع بعيدا عن الشاطئ فى كيب هتراس . والذى أمد أخوان رايت بمياه جيدة للانزلاق فى كيتى هوك . كلها تم بناؤها بمعرفة البحر . بمواد جلبها معه من أراضى شمال كارولينا . التى تقع فى انداخل من أنهار وبحيرة ساوندر .

ولكن أول وظائف البحر فى دورة التعرية . هى أن يستوعب كل نفايات الأرض . وفيه يفنى مآل كل القارات وتدفن . إذا لم يعمل شئ قط على مقاومة التعرية . وأملاحه المعدنية . بما فيها كلوريد الصوديوم . هى عبارة عن خليط هائل جيد المزج من المواد المذابة من الصخور . أما قاعدته . فهى خليط أكبر مما انحرف من الأرض . ويتم ترسيبها بطرق مختلفة ؛ فتيارات السحب السفيلة . تحمل معها الرمال . والحصى . والطمى . وتجليها من الشاطئ . وفى بعض المناطق ، تكثر أصداف الأحياء لدرجة . كما هى الحال مع المرجان . أنها تصبح بقايا فيما بعد . وعندما يصير ماء البحر عليا فى حالة فوق التشبع ببعض الأملاح . مثل كربونات الكالسيوم . يتم ترسيب تلك الأملاح مكونة رواسب على القاع .



فى هذا الشكل ، الذى يمثل جبهة إحدى الثلاجات ، نجد أن الثلاجة وصلت إلى الدرجة التى راح الجليد معها يذوب بمعدل أسرع من معدل تقدم الجليد نفسه فيها . ويرى فى مقدمة الشكل ، سهل ماء غسلته الثلاجة . وهو يتكون من الطمى الذى أذابه الثلج المنصهر ، وينساب خلال هذا السهل مجرى جداول من ماء الثلج ، المنبعث من ثقب داخل جليد الثلاجة . وفى هذا السهل ، تدفن كتل كبيرة من الثلج ، تتخلف بابتعاد الثلاجة .

ويبين هذا الرسم نفس المساحة بعد تقهقر الثلاجة . وأكثر ما فيه وضوحا هو ركام الثلاجة ، الذى خلفه النهر الجليدى ، وهو عبارة عما ترسب من التربة والصخور ، التى دفعت بها الثلاجة أسفل الجبل . وقد تتكون كذلك البحيرات بهذه الوسيلة ، وينشأ الإسكر من الحصى الذى تخلف وراء مجرى الثلاجة . والانخفاض الذى نجم من ثقل الثلاجة أصبح الآن بحيرة ، بينما التلوب التى بالسهل والمعروفة باسم (المراجل) ، كونتها كتل الثلج بعد ذوبانها .

وإن اكتمال نمو الرواسب وتزايدها، قد يغطي قواعد مياه مثل تلك الامتدادات الضحلة للمحيط، التي عند خليج هدسون وبحر الينطيق، ولكنها في مناطق أخرى تتركز على الأرصفة القارية. فتعمل على تقليل الميل إلى أعماق تختلف من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ متر. ولا تصل ترسبات وفيرة من الأرض إلى قيعان أعماق المحيط. ولكن في دلتا الأنهار التي تقع معظمها تحت المـاء، يحمل قاع البحر والقشرة التي من تحته الوفير من الأنقاض، الناجمة عما ترسب من مواد. وإقليم بيدمونت بإيطاليا، عبارة عن سهل طفلي عظيم، مكون من مثل ترسبات الجبرى هذه. ويمتد سهل مماثل من حواف مياه سلسلة سيرا نيفادا الغربية في الولايات المتحدة الأمريكية. وتكاد تكون لكل نهر دلتا، إلا حينما يكون البحر عميقا أو تكثر فيه الدوامات. وربما يبلغ سمك غرين دلتا المسيسبي الآن ١٠,٠٠٠ متر. ولا يعرف أحد كم هو ثقله. ويظن بعض الجيولوجيين أن بعضا من أجزاء أرضية الخليج، لا تزال تغوص كلما تكونت الترسبات، بينما يقول آخرون إن الأرضية تغوص من نفسها، وأن الطمي وفتات الصخور الوافدة من نهر المسيسبي لا توثر فيها.

وكما أن مكونات الترسبات الصغيرة تدفن الكبيرة منها، فإن هذه الأخيرة تضغط في الصخر الصلد، فالقاع المملوء بالحصى تصبح به كتلات، والرمل يصبح حجرا رمليا، والطين الطفلي يغدو طفلة، والشرائح الكلسية تتحول إلى حجر جيري.

ولو أن معظم الرسوبيات ينتهي بها الأمر في الهبط. فإن العمليات الدورية لارتفاع القشرة، وتغيرات مستوى البحر خلال العصور الجليدية وعصور ذوبان الجليد، نجحت في ترك صخور رسوبية في كل مكان تقريبا. وتغطي هذه المواد نحو ٨٠٪ من سطح الأرض، ولو أن الجزء الأكبر بكثير من القشرة، مازال يتكون من الصخور النارية. ولكل صخر رسوبي أساسي معدل ترسبه الخاص، وهو قياس اختياري، يتوقف على طول الوقت الذي يستغرق في بناء طبقة سمكها قدم أو متر مثلا. وعلى الرغم من أن تلك المعدلات يمكن أن تتغير بدرجة كبيرة بالنسبة لكل صخر، ويعتمد ذلك على مدى موائمة الظروف المحلية. والطفلة، وهي أكثر الصخور الرسوبية وجودا على القارات، لها أسرع معدل: ٣٠٠٠ سنة للمتر، بينما يبلغ متوسط معدل ترسب الحجر الجيري ١٨,٠٠٠ سنة. ويتطلب الحجر الجيري زمنا أطول، نظرا لأنه إنما يتولد في الأصل من مواد مصدرها أصداف وهياكل الأحياء المائية. وهي لا تعتبر مصدرا غنيا للرواسب، كما هي الحال مع النهر أو المجاري المـائية.

وعن طريق قراءة الحادثات التي مرت بالأرض، وسجلت بين طيات قشرتها قراءة واعية دقيقة، يستطيع عالم الجيولوجيا أن يكشف الشيء الكثير عن تاريخ التعرية والتقلبات الأرضية. فطبقة الحجر الجيري، مهما كان ارتفاعها الحالي فوق سطح البحر، تبين أن تلك المنطقة كانت في يوم من الأيام تكون قاع بحر من البحار، عاشت فيه أسلاف الأسماك الصدفية، والقواقع، والحلزونيات. وطبقة الفحم الحجري الموجودة، تفصح عن مستنقع قديم، تحللت نباتاته الوفيرة تحللا جزئيا، عندما أغرقتها المياه، ثم دفنت تحت الصخور التي تكونت بعد ذلك. وبالمثل، فإن طبقة الملح أو الجبس إنما تدل على توفر مقدار عظيم من المـاء المالح، دفن أو جف فيما بعد.

وقد يحدث أحيانا أن تختلط كل الطبقات مع بعضها بعضا. فلا يستطيع التاريخ فك الرموز إلا ما ندر. فقد توجد إحدى سلاسل الطبقات الرسوبية مائلة بزاوية تحت السطح، بينما تقع فوقها سلسلة أخرى في وضع أفقي. ومثل هذا الوضع يسمى «اللاتطابق»، وهو دليل ناصع على توفر ثلاثة عوامل جيولوجية، أثرت في تلك المنطقة في تتابع معلوم. وأول تلك الحادثات أن قيعان الرسوبيات ارتفعت ثم زحزحت وتركت فوق مستوى سطح البحر بعوامل تحركات القشرة. والعامل الثاني هو التعرية، التي راحت تنحت الطبقات التي ارتفعت حتى جعلتها مسطحة. أما العامل الثالث، فيتلخص في أن تلك المنطقة هبطت في النهاية مرة أخرى تحت مستوى سطح البحر، وبذلك تهيأ الظروف لتكوين طبقات رسوبية جديدة من فوقها.

ولقد كانت دراسة الزمن المستغرق في تلك العمليات المتوالية من بناء الجبال، والتعرية، وتكون الرسوبيات، ثم رفع المنطقة بعد ذلك، أهم أعمال الجيولوجيين. وشغلهم الشاغل خلال القرن الماضي. وظهرت طائفة أخرى

من الباحثين . تعمل فى العلوم الأرضية ، وتساعد فى مجال البحث والتنقيب . وتلك هى جماعة علماء الحفريات ، أو صائدى الأحافير . وعندما راحوا يدرسون نفس الصخور الرسوبية ، عثروا على كل أنواع القرائن ، الضعيف وغير الواضح منها ، والواضح ، الصور والأشكال الأولى لألوان الحياة على الأرض . وعندما رتبوها فى تتابع منتظم تبعا لأعمار الصخور بالنسبة لبعضها بعضا ، استطاعوا أن يقدموا للطلبة الذين يدرسون التطور ، أكبر القرائن المفيدة . وإن الصورة الكبيرة التى تم رسمها بكافة الخطوات المتعلقة بالتغيرات الجيولوجية والحياة المعقدة الآخذة فى التزايد ، هى صورة أكثر إقناعا ، وأبعد أثرا ، من دراسة أية منطقة بعينها ، والاقتصار عليها دون سواها .

وحتى الآن ، تحدث هذا الفصل فى حدود القوى الطبيعية ، التى تكون أحيانا فى توافق مع بعضها بعضا ، كما تكون متضادة أحيانا أخرى . وحتى الآن ، ما من شك أنه فى حدود الزمن الجيولوجى . كانت تلك القوى هى الوحيدة التى تعمل وتؤثر ، ولكن ظهر حديثا جدا عامل جديد ، لم يتوفر الوقت بعد لمعرفة مدى تأثيره المستمر بين عوامل التعرية ، إلا أن ما تم تسجيله عنه خلال فترة التاريخ القصيرة التى تم تدوينها ، إنما يثير الاهتمام . فإنسان العصر الحجرى القديم ، الذى لم يكن نوعا متوفرا على أية حال ، لم يترك سوى أقل الآثار ، وربما بدأ صدفة ببعض حرائق الغابات على وجه البسيطة . وقد تعلم ملاحو العصر الحجرى الحديث ورعاة الغنم ، منذ حوالى ١٠,٠٠٠ سنة مضت ، إلى حرق بعض أجزاء الغابات فى الشرق الأوسط ، من أجل زراعتها ، وعندما تم إجهاد التربة ، راحوا يحرقون أشجارا أكثر وأكثر . ولكن تعلم أول من استوطنوا الثقب بجنوب فلسطين ، ملاحظة آثار التعرية فى تلالهم ، عن طريق بناء مجموعة متوالية من أحواض الخزانات على طول المنحدرات ، بحيث تسقى كل خزان مزرعة صغيرة . وبعد غزو أراضيهم تحولت إلى صحارى ، ولم يتم إصلاحها حتى الآن . ومنذ ذلك العهد ، عجل انتشار الحضارة فى الصين — ومن حول البحر المتوسط ، وشمالا فى أوروبا ، ثم عبر المحيط إلى العالم الجديد — من نقص المساحات التى تغطيها الغابات . بازدياد السكان ، وما تبع ذلك من استغلال وإتلاف للأرض ، وعدم مراقبة صرف ماء المطر ، وانخفاض مستوى الماء فى التربة . وإن غابة وسط أوروبا العظمى ، التى استطاع جنود القيصر آن يمشوا فيها على أقدامهم مدة شهرين من غير الوصول إلى نهاية الشجر ، كادت تختفى فى مدخل القرن التاسع عشر .

وخلال عشرات السنين الأخيرة ، تم عكس التعرية التى يصنعها الإنسان فى الولايات المتحدة الأمريكية . ففى عام ١٩٦٠ ، زاد نمو الغابات الجديدة على قطعها لأول مرة منذ القرن السابع عشر . وفى إيطاليا وفى الأراضى المنخفضة ، تم هزل مئات الكيلومترات من أراضى شاطئ البحر الجديدة الجافة ، واستقطاعها من المحيط منذ الحرب العالمية الثانية . ولكن فى نفس الوقت ، عمل التوسع فى تكنولوجيا تزايد سكان العالم . على التعجيل من استهلاك الإنسان لكل الموارد المعدنية . وخوفا من أية جائحة قد تهدد الناس ، نجد أنه لا سبيل إلى إيقاف ذلك . ويمكن أن تعطل موارد جديدة للطاقة من استهلاك الوقود الأحفورى ، ولكن لا سبيل إلا إلى زيادة نهم العالم وجريه وراء البحث عن المواد الخام .

ومع ذلك ، يجد بعض العلماء أملا فى الصخور ذاتها . ففى كل ١٠٠ طن من الصخور النارية ، مثلا ، توجد ثمانية أطنان من الألومنيوم ، وخمسة أطنان من الحديد ، ونصف طن من التيتانيوم ، ونحو معشار طن من المنجنيز ، مع مقادير أقل من الكروم ، والنيكل ، والفاناديوم ، والنحاس ، والتنجستين ، والرصاص . وفى طن واحد من الجرانيت ، يوجد نحو عشرة جرامات من الثوريوم ، وتلك هذا القدر من اليورانيوم ، ولو أمكن استخدام قوة تعمل على فصل واستخلاص كل هذه المقادير ، لراح المجتمع الصناعى ينمو ويتزايد إلى ما شاء الله .

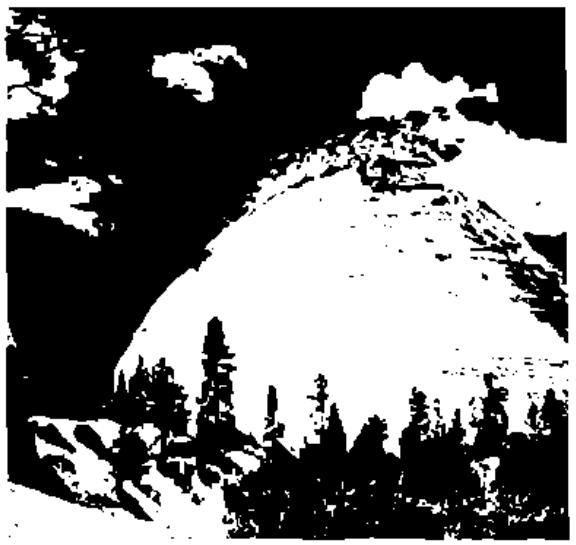
ولقد أبدى هاريسون براون ، عالم الجيولوجيا فى معهد كاليفورنيا التكنولوجى ، أن سكان العالم قد يصلون فى النهاية إلى حالة من التعادل تقدر بنحو ٣٠ ألف مليون نسمة ، وتستهلك الصخور بمعدل نحو ١,٣٥٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن فى العام . ولو كان علينا أن نفرض أن كافة اليابسة فى العالم ممهدة لمثل هذا الاستهلاك ، فعندئذ ، يأكل ، الإنسان فى المتوسط طريقه منحدرا إلى داخل الأرض بمعدل ٣,٣ مليمتر فى العام ، أو ما يربو ويزيد على ٣ أمتار كل ألف عام . ويعطينا هذا الرقم فكرة عن معدل الاستهلاك ، الذى قد يدنو منه البشر فى الأجيال القادمة ، كما يعطينا فكرة عن طاقات الاستهلاك التى تقع تحت أيدى الجنس البشرى .

على رأسها الصخور الصلبة ، هذه الحجارة المشرشرة القائمة كالتلاتيل ، تقاوم الأمطار التي تنحت حيدوا

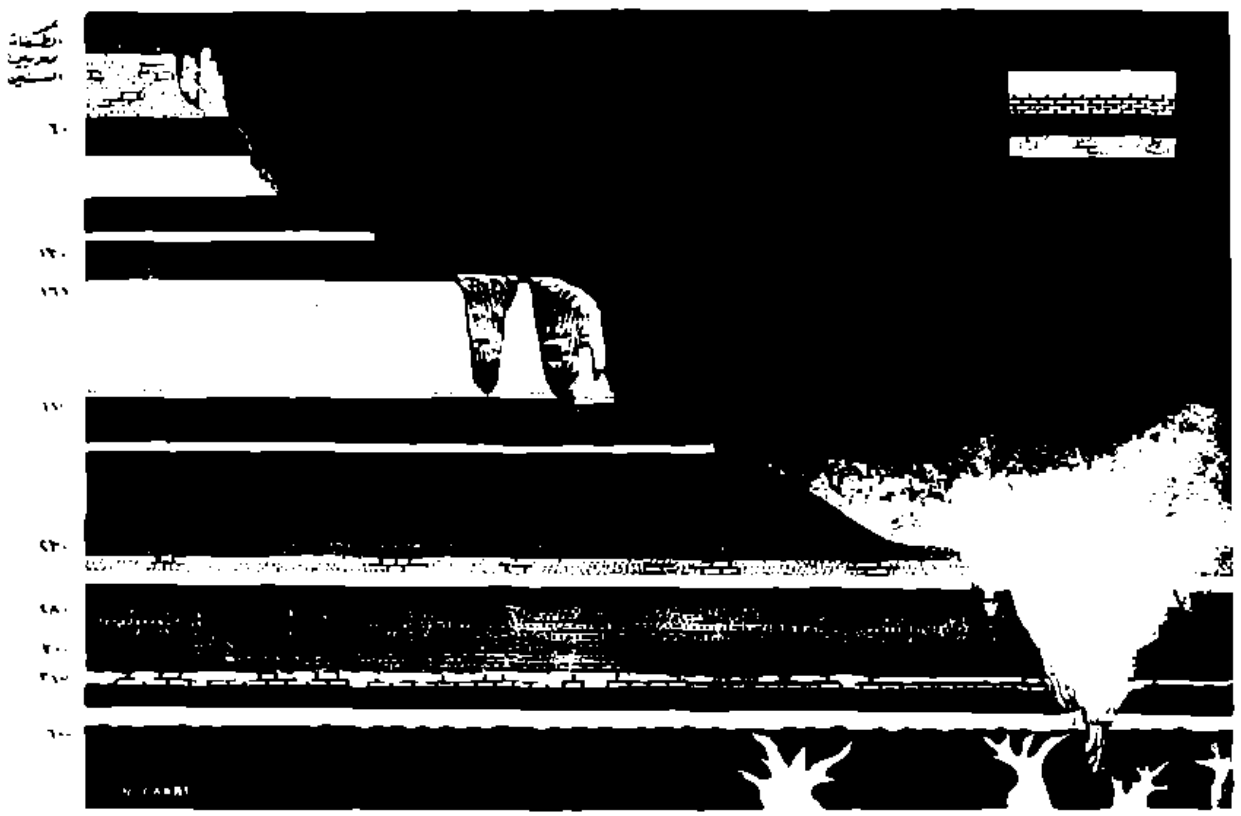
في خلال وتابة التغيرات القاسية ، ترفع الأرض من آن إلى آخر ، كتلا من الجبال الجديد على القارات ، بينما حركات الماء والهواء التي لا تهدأ ، تجرف الأرض البابسة إلى البحر . و التعرية هذه أثناء أداء عملها التلقائي ، وتغير منظر الأرض الطبيعي إلى أشكال يجدها الناس أحيانا -

ماضى هضبة يعج بالحادثات

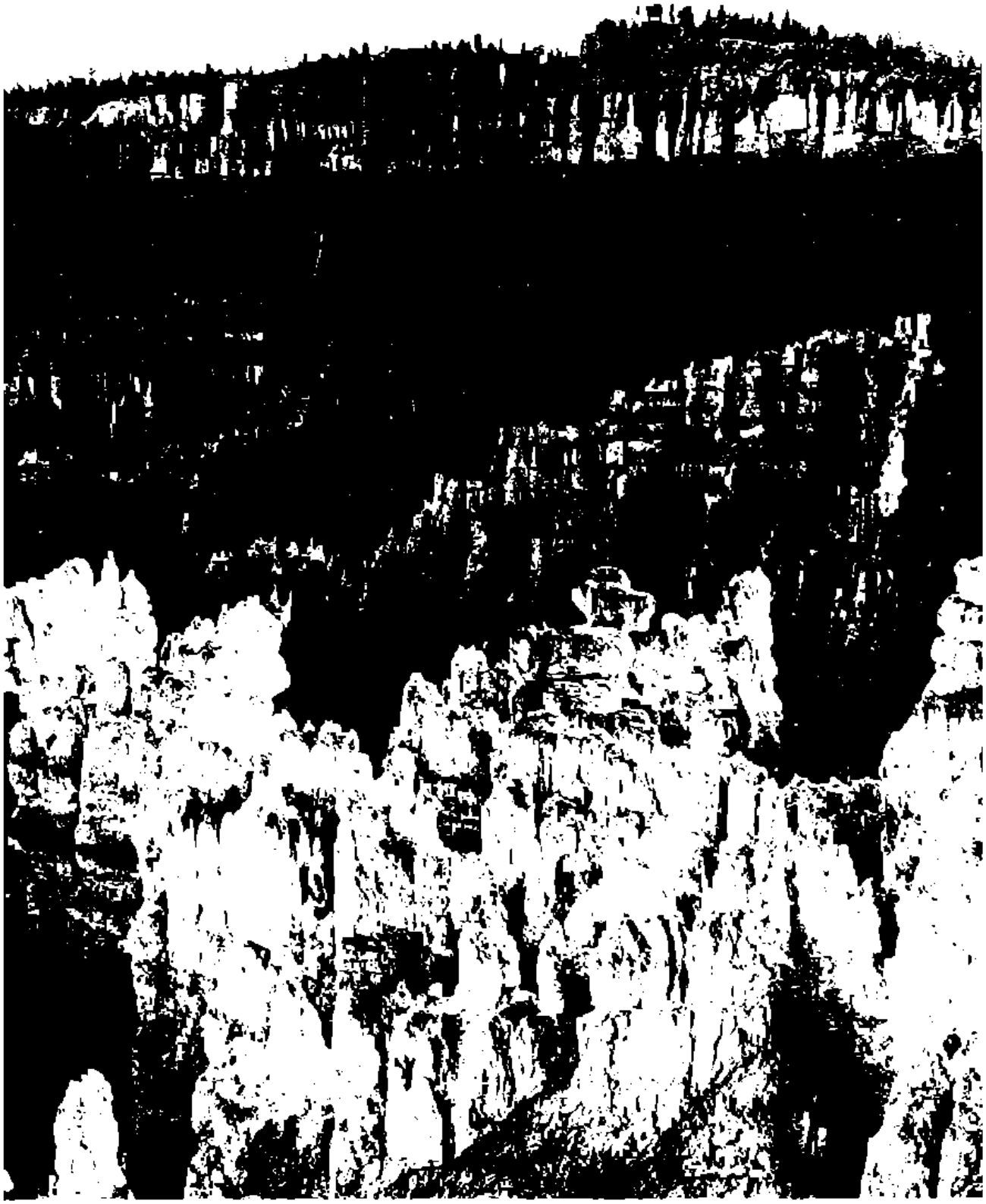
من الهضبة العالية الفاحلة ، التى تغطى مساحة قدرها ٣٣٣,٠٠٠ كيلومتر مربع ، حيث تتقابل الأريزونا ، ونيومكسيكو ، وكلورادو ، ويوتاه ، ينقل نهر كلورادو كل يوم نحو من ٥٠٠,٠٠٠ طن من محاور الأرض ورمادها . تاركا تكوينات رائعة ملفتة للنظر ، تضم الأخدود الأعظم (جراند كانيون) على الصفحة التالية . والمناظر المبينة هنا . ولقد استطاع علماء الجيولوجيا أن يتتبعوا فى الصخور المعروضة تتابعا طويلا لتغيرات عظمى . ففى خلال أول ٦٠٠ مليون سنة ، غطى تلك المنطقة بحر دائم التحول ، ثم تراجع ذلك البحر ، وعاد مرات أخرى متتالية ، حتى ترك طبقة من فوق طبقة متصاغطة من الرمل والطين ، فى قاع من الصخر سمكه ٤,٠٠٠ متر . ثم منذ نحو ١٠ ملايين سنة مضت ، رفعت قوة هائلة مجهولة ، تلك المنطقة بأكملها عبر آلاف الأمتار فوق مستوى البحر . وسرعان ما بدأت الأمطار والأنهار ، عملياتها تحت وتنقش مناظر الأرض التى نراها اليوم .



طبقات مزحزحة من الصخور ، فى تشكيلة بورد مبا بزيون ناشونال بارك ، يوتاه . وهى عبارة عن كثبان الرمال المتصاغطة بصحراء ما قبل التاريخ ، والتى جعلتها الرياح تتراكم فوق بعضها ، ثم غطاها الماء فيما بعد .



خطوات عملت فيها التعرية فى هضبة كلورادو ، فبدت كجزء من سلم جبار ، يعرض تدرج الطبقات الأقدم من الصخور الرسوبية ، ابتداء من أحدث الصخور فى أخدود بريس (أعلى اليسار) ، إلى أقدمها بالقرب من القاعدة (جراند كانيون) أو الأخدود الأعظم . والأجزاء المزحزحة من الحجر الجيرى والطفلة (أعلى اليمين) ، هى ما تبقى من دورة سابقة من دورات الترسيب والتعرية .



أعمدة ذات عقد، تغرس جيداً بعضها بريس في جنوب بوتاه . كونتها مياه المطر، التي تجرى إلى أسفل خلال شقوق الصخور الطبقية ، فتعمل على تجويفها عبر مسافات أعمق، كلما مرت رحمة من المطر . فتتآكل طبقات الصخر الأكثر صلابة ببطء أكبر ، مكونة نتوءات أو بروزات بادية من الأعمدة . ويرجع اللون الأحمر الوردى ، إلى وجود آثار من أكسيد الحديد (الصدأ) المعرض في بعض الصخور .

هبت الرياح والمطر ، على تتثير وتجريف طبقة من الصلصال الطفلي ، من أعلى الجوانب المعرضة للعمل التجويه لقاعدة من الحجر الرملي ، لتكو

قطع حجارة كبيرة سـاكنة وصغيرة ، تحمي سيقان الصخر الطيفية التي تحتها من المطر ، الذي يرى تحوقدم من بالل هذا المنحدر ، على حيد بالقرب من مواب ، بولاه .

أشكال نحتتها الرياح من الحجر الرملي الصلد ، تقف على ركائز نحيفة من صخور أقل مقاومة في وادي جوبلين بيولاه ، أشكالها المستطيلة تتماشى مع الرياح السائدة .

معارات شقتها المياه بالقرب من أسوان بمصر . يرجح سر حوافها الملساء ، إلى عنف دوامات النيل ، عندما يصب خلال هذه المعرات العميقة ، إبان الفيضانات السنوية

شـــواذ التعـــريـــة

ى غير ما عجلة ، ولكن لا سبيل إلى مقاومتها ، تعمل تيارات الهواء والمـــاء المزحزحة للأشياء تدريجيا ، على تآكل سطح الأرض ، مكونة الأشكال المألوفة لتلال ، والوديان ، وفى النهاية ، تترك الأرض مستوية . ولكن بعض المواد التى تتعرض سيلها ، تقاوم تلك التعرية بدرجة أكبر من غيرها ، وحينما يوجد الصخر الصلب ضمن صخور المـــاء ، يتم نحت الأرض وتآكلها ، بحيث تظهر أشكال مضحكة . كأنما هى تصميمات متقنة ، أنجزت فى مئام أحد تماثيل .

أحدة مقطعة تراجست مع بعضها بعضا فى (دللز جاردن) ، أو حديقة الشيطان بيوتاه ، تكونت عندما نحتت التعرية تيها من الشروخ الصوديةعميقة ، فى طبقة من الصخر ، كانت صلبة مقاومة بوما ما .

من بين القوى التى تترك آثارها على القارات . تضطلع المجارى المائية والأنهار بعمل أكبر الأثر . بأن تغير شكل الأرض بقدر لا تصل إليه جميع القوى الأخرى مجتمعة . فالمجارى المائية عظيمة الانحدار ،التى ينساب فيها المـاء على هيئة دوامات ،تهشم الصخور المعرضة لها ،وتجرفها فى مناطق الجبال التى ارتفعت حديثا ، حاملة معها قطعا سائبة من الصخر ، التى سريعا ما تحفر وديان ذات جوانب عظيمة الانحدار . فالنهر الحديث ،الذى يندفق بعنف على غرار نهر كلورادو ، يستطيع أن يقسم جلمودا أو صخرا من ستة أقدام إلى عدة أجزاء ، ثم يحوله إلى طين فى ظرف أربع سنوات .

وعندما تتآكل الحواف الحادة ،والأطراف غير المهذبة فى الأراضى المرتفعة ،تدخل الأنهار فى مرحلةمن النضوج تقل فيها سرعتها ، وعندئذ تصبح وديانها ، التى كانت يوما ما ذات جوانب عظيمةالانحدار ، عريضة وسـتوية . وتسرى الأنهار كما يحلو لها فى مسارات ملتوية ، ولكن مع ذلك ،فإن النهر الهرم يمكن أن يكون عاملا منقطع النظير من عوامل التعرية . ففى أثناء فيضانات الربيع ، يكتسح نهر المسيسبى يوميا نحو ١٠ ملايين طن من الأرض من شمال أمريكا ،ليقذف بها فى خليج المكسيك .

ريشة تكتنفها الشابورة (مشيرة) من الماء ، ساقط بريدالفيل من على ارتفاع نحو ٢١٠ أمتار إلى وادى يوسميت . ثم تحت الجليد بعد أن فرضه الشتاء ،المأخذ شكل حرف يو(U) الحالى ، بواسطة ثلاجة ذات منذ زمن بعيد.

تكوينات من الكلسيت في كهف إلس هاس ، وهو أحد الكهوف الكبيرة الفريدة بجزيرة ماجوركا بسبورلا

عالم محتفظ تحت الأرض من الأنهار المفقودة وحجارة الثلاجات

تحتوي كل الصخور على بعض المعادن التي تذوب و
وهي حقيقة تعمل على تعجيل التعرية والإسراع منها . كم
مسئولة عن ضخم ماء المحيط المالح . حيث راحت تتجمع
المذابة ، منذ تم تكوين القارات في أول الأمر . وأكبر المع
للذوبان ، هو الحجر الجيري ، الذي يتكون من معادن سهلة الذو

وقد تأتي وسط فيض من الأضواء الملونة . تنمو الستالاكتيت إلى أسفل السقف ، كما تنمو الستالاجمي

ق تركيب قواقع الحيوان . ويجرى الماء الذى يعترض قاعدة من الحجر ما يكون
الجيرى . قد يأكل الصخر ، ويحفر قناة يتجول فيها متعرجا عبر العديد على هيئ
من الكيلومترات تحت الأرض . وهكذا تتكون سلسلة من المغارات أحد الم
التى يتصل بعضها ببعض . والماء الذى يتسرب إلى تلك الكهوف التى من
والمغارات ليقطر (نقطة نقطة) من أسقف الحجر الجيرى ، غالبا والستالا

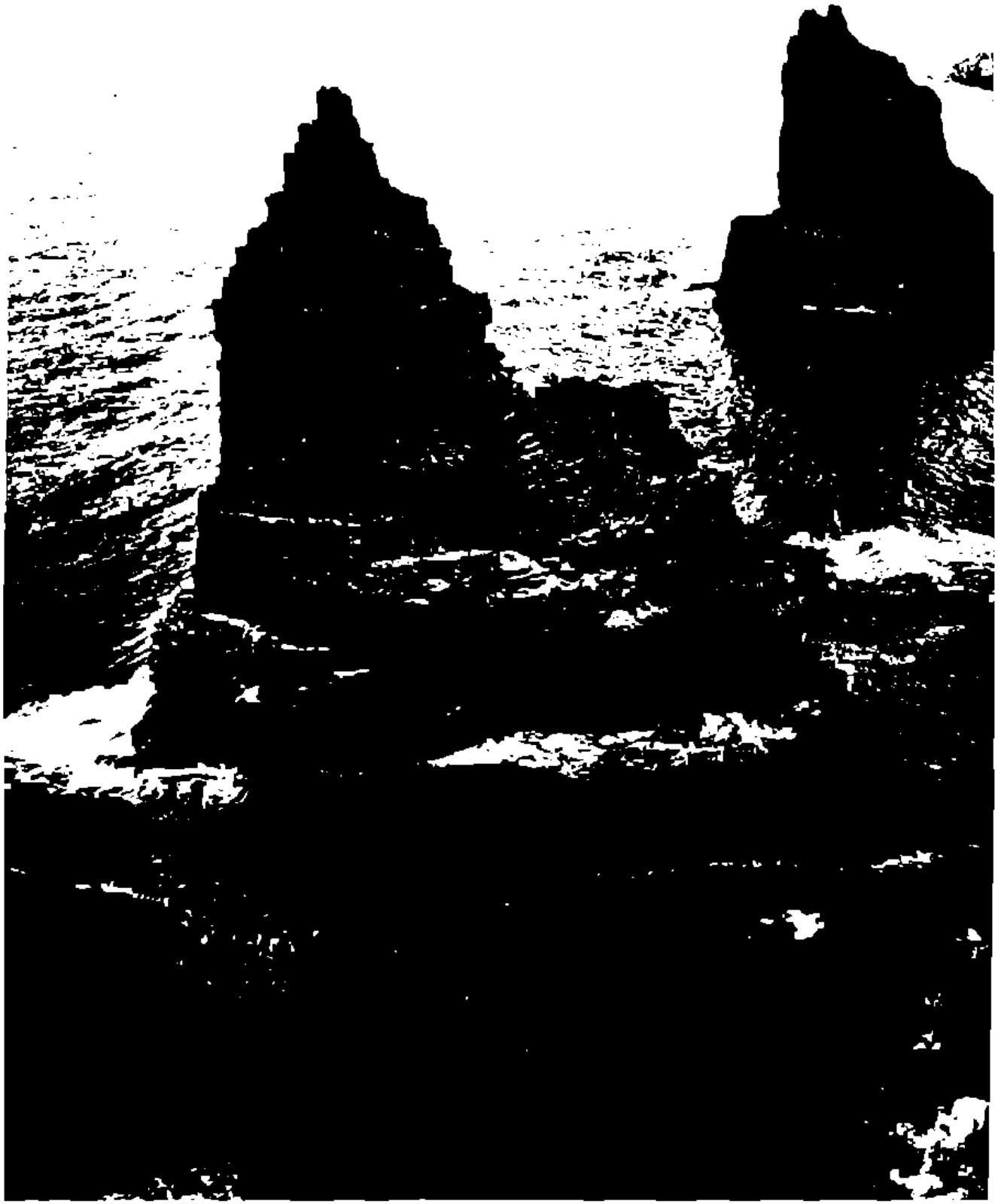
قطع مستطيلة من التربة الغنية بالمواد بالسهول العظمى (جريت بلينز) بمونتانا . تم ترسبها منذ ١٥ مليون سنة مضت ، تتراك بلا زرع لتعطل التعرية

استجابة لقانون الجاذبية ، فإن عوامل التعرية تحمل الأرض قطعة قطعة ، لتلقى بها من على فى البحر . وإذا حدث أن توقفت قوى بناء الجبال عن عملها ، فإن كل شمال أمريكا سيبل ، ليصبح سهلا لطيفة ، ترتفع أقداما قليلة عن مستوى سطح البحر ، فى غضون عشرين مليون سنة . وعوامل التعرية ، بالنسبة إلى الإنسان نعمة ونقمة ، فكثير من ركام الصخر الرقيق ، الذى يحمل إلى أسفل من المرتفعات ، يساقط فى مساحات أكثر انخفاضا ، كملاءة تهب الحياة للأرض . واعتمادا على طبيعة الترسيبات الأصلية ، فإن سقوط الأمطار ، والمتشملات المعدنية ، والمادة العضوية التى تبنيها . هذه المكونات الأرضية يمكن أن ترتب بدءا من لغبار المجدب ، إلى الأراضى السوداء الغنية التى تجود بالمحاصيل الزراعية ، بكميات وفيرة لأحد ما . وكل من حزام القمح الأمريكى وأوكرانيا الروسية ، مغطى بهذه الأرض الغنية . بيد أن عوامل التعرية مع الأسف ، تدمر ما تبنيه . فأراضى السهول والوديان تحمل ببطء صوب البحر ، لتتجمع فى أشكال الدلتا ، أو تغمر بموجات المد والجزر .

يبنى شاطئ بحر جديد على ساحل فلوريدا الشرقى ، من الرمال التى يجرفها البحر . ويرى الشاطئ القديم وخط الساحل على بعد ، من وراء البوزخ أو البحيرة التى أحاطت بها الأرض حديثا .

قوى البحر التى لا تقاوم

لا يستطيع الهبوط أن يساير قوى التعرية الكلية ، لجميع مجارى الماء المسرعة التى على الأرض ، ولكن فى بعض المناطق الخاصة ، ترتطم أمواجه بالساحل كأنها الوحش الكاسر . والبحر الثائر يمكنه دق الشاطئ ، بقوى تعادل ثلاثة أطنان للقدم المربعة (٢٧ طنا للمتر المربع) . وبمرور الوقت ، يحول الصخر إلى مجرد منحدرات وصخور بارزة أمامية . وغالبا عندما يهشم البحر الأرض ، يترك من ورائه مثل تلك الجبال الأخاذة ، التى تشبه القلاع التى فى الصورة (إلى اليمين) . وتحدث تلك التكوينات عندما تهاجم الأمواج جانبين من أرض أمامية ، وتطرق أو تدق طريقها خلال الجانبين . وأول النتائج هى تكوين أقواس فى البحر ، ثم تتكسر تلك الأقواس ، وتقف نهاياتها معزولة عن الشاطئ ، ولكن يستطيع البحر أن يبنى ، كما يستطيع أن يهدم ، حيثما يميل تدريجا ، ويكون القاع ضحلا . عندئذ يلتقط الموج الرمال ويحملها تجاه الأرض ، مكونا الشواطئ وحواجز الرمال . وما أن يتكون الحاجز الرملى ، حتى ينمو بحيث يحيط ببحيرة أو برزخ (إلى أعلى) . وعندما تلقى الأمواج والرياح برمال أكثر فوق ذلك الحاجز ، تبنى الكثبان الرملية التى تملأ البحيرة ، وهكذا تزحف الأرض تجاه البحر .



استكشاف ، هي من الزائل وجود خط الجبد لسابق ، ثم تصلبه عندما تآكل وتعرى الصخر الذي من وراثه ، بوساطة البحر المتعاصف

تكاد تكون التعرية بوساطة الجليد المتحرك في عالمنا اليوم ، مقصورة على بعض الثلاجات القطبية ، التي لا تتوفر إلا على الجبال العالية . ولكن في أثناء العصر الجليدي ، الذي بدأ منذ نحو مليون سنة مضت ، راحت غطية من الجليد ضخمة ، تبلغ سمك الواحدة منها أكثر من الكيلومتر ، تضحن الأرض بعنف عبر أجزاء من شمال أمريكا وأوروبا ، تاركة علامات مرورها . وقد انطبعت بصفة دائمة على الأرض . وعندما تقدم الجليد فوق كندا ، اكتسح أمامه التربة ومهدها ، وكانت النتيجة أن صار الجزء الأكبر من أواسط كندا ، عبارة عن أرض صخرية قاحلة ، بينما المناطق الغنية في أواسط الغرب ، تتميز بتربة خصبة مضاعفة السمك . والتربة التي في القمة بنيو إنجلاند كانت قد انتزعت ، ثم تم ترسيبها على بعد من شاطئ كونيكتيكت ، لتبني جزيرة طويلة . وعندما تراجع الجليد ، تجمع بعض مائه المذاب في الفجوات ، التي كان قد حفرها حيث توجد الصخور اللينة .

كتلة ثلج هائلة حديثة التكوين ، انسلخت من فم ثلاجة إحدى جزر القطب الشمالي في المنطقة المتجمدة الكندية . تسري الثلاجة إلى أسفل وادي عميق متعرج ، يرتفع إلى علو ١٥٠ مترا فوق الجليد .

هذه الصخرة التي تشبه السجل أو الفلة ، تنقسم إلى قسمين اثنين، وقد عثر عليها في إلينوي وهي تعود بعمرها – ما تحليله الأحفوري الكامل الصحيح لسائل ورقة أصل نبات السرخس . وقد عاش هذا النوع الذي يشبه الشجر في العصر الكربوني الأخير ، منذ ٣٠٠ مليون سنة مضت .

٦ سجـــــل الصخـــــور

كم يبلغ عمر الأرض ؟ في السنين الأخيرة ، ظهر أن أنجع الطرق العملية ، التي تمكن العلماء من الإجابة عن هذا السؤال ، هي أن يقيسوا أعمار الصخور التي تكون القشرة الأرضية . وقد أمدتنا تلك الدراسة لطبقات القديمة ، ولا شك ، بقدر هائل من الأفكار والآراء الخاصة بعمر كوكبنا ، ونشوء الحياة عليه ، وحالات المناخ التي سادت فوق سطحه : خلال العديد من الأحقاب المختلفة التي مرت بماضي الأرض السحيق . ومهما يكن من شيء ، فهناك حدود لمدى ما نستطيع أن نتتبعه أو ما نذهب إليه في الماضي بهذه الطريقة ، نظرا لأنه مرت حقبة سابقة ، لم يكن للأرض فيها نفس قشرتها الحالية ، ولربما لم يكن لها أية قشرة قط . وتقتصر فائدة تحديد أعمار الصخور (أو تواريخها) على ما مضى من الزمان ، عندما وجدت الصخور لأول مرة .

وجهاز القياس الذي يستخدم ، هو تحديد الزمن بالنشاط الإشعاعي . ولقد توفرت هذه الطريقة للجنس البشري في هذا القرن ، أو منذ أن عرف القدر الكافي عن الطبيعة النووية ، ليفهم الطريقة التي تعمل بها المواد ذات النشاط الإشعاعي . والمفيد في أمر العناصر ذات النشاط الإشعاعي ، أن لكل منها معدل تحلل دقيق ، أي أنه يكل بطء ، ولكن بانتظام مستمر ، ذرة من بعد ذرة ، يتحول العنصر إلى عنصر آخر أكثر استقرارا وثباتا . وكربون النشاط الإشعاعي ، مثلا ، الذي يتولد في الجو عن طريق الأشعة الكونية ،

يفقد تماما نصف ما يختزنه من النشاط الإشعاعي في مدى ٥٧٣٠ سنة، عن طريق التحول إلى أزوت. ويستطيع المتخصص، عندما يستخدم بعض أجهزة القياس الدقيقة الحساسة، أن يقارن بين مقدار كربون النشاط الإشعاعي المتبقي في إحدى الأحافير، ومقدار الكربون العادي. وبهذه الطريقة يستطيع أن يحسب عمر الأحفورة. فالمعروف أن نسبة كربون النشاط الإشعاعي بعد مضي ٥٧٣٠ سنة، تهبط بمقدار النصف. وبعد مضي ٥٧٣٠ سنة أخرى، تهبط بمقدار نصف آخر، وهلم جرا... حتى يكاد لا يتبقى منه شيء في النهاية. ويعتبر كربون النشاط الإشعاعي، ويوفر وسيلة ممتازة للتعبير لدراسة ما قبل التاريخ، ولكنه أقل فائدة لعالم الجيولوجيا الذي نعنيه في أغلب الأحيان. فترات من الزمن أطول بكثير من فترة نصف عمر الكربون المشع القصيرة نسبيا. ومن الملائم أن يعثر على مواد ذات نشاط إشعاعي، أنصاف أعمارها ملايين أو آلاف ملايين السنين. ومن حسن الحظ، أن مثل هذه المواد موجودة. فعنصر البوتاسيوم يتحلل إلى أرجون، بنصف عمر يعادل ١,٣ ألف مليون سنة. وعنصر الثوريوم يتحلل إلى رصاص. وعنصر الروبيديوم يتحلل إلى سترونشيوم، بنصف عمر يساوي ١٤ ألف مليون. و٦٠ ألف مليون سنة على التوالي.

واليورانيوم قيمته الخاصة بالنسبة لعالم الجيولوجيا. إذ توجد منه آثار في كثير من الصخور، وفي مساحات متباعدة من سطح الأرض. ولكن كل اليورانيوم الذي على الأرض، سوف يتحول في النهاية إلى رصاص، مع إطلاق غاز الهيليوم أثناء تلك العمليات. وعلى أية حال، فإن هذا يحدث ببطء عجيب. ففي نهاية ٢,٢٥ ألف مليون سنة، سوف تظل ثلاثة أرباع المقدار الأصلي لكتلة معينة من أحد نظائر اليورانيوم على حالها. وكما هي من اليورانيوم، بينما يتحول ربعها فقط إلى رصاص.

واليوم، تمثل أقدم الصخور المعروفة، بعض أنواع الجرانيت البلوري، عثر عليها بالقرب من دودوما في تنزانيا. ويقدر عمرها بنحو ٣٠٦ آلاف مليون سنة. ومن الجائز أن تكتشف صخور أقدم في المستقبل. ولكن لا يعرف أحد مدى ما ستصل إليه أعمارها على وجه التحديد. وحتى الرقم ٣,٦ ألف مليون سنة، إنما يترك السؤال الخاص بعمر الأرض ذاتها، بالنسبة إلى عمر أقدم صخورها، سؤالا مفتوحا يتطلب الإجابة عليه. ومهما يكن من شيء، فإن مبدأ تقدير العمر بواسطة النشاط الإشعاعي، يمكن أن يستخدم في حل هذه المسألة، التي يلوح لأول وهلة أنها لا حل لها، مهما بلغ العلم من تقدم. فحديثا أجريت دراسات لتقدير العمر بالنشاط الإشعاعي على بقايا انتيازك. فدلت على أن عمر ذلك الحطام المتبقي من المجموعة الشمسية، يصل إلى ٤,٥ ألف مليون سنة. ونظرا لأن المفروض بصفة عامة هو أن كل أفراد المجموعة الشمسية ظهرت إلى حيز الوجود في نفس الوقت، فإن معظم علماء الجيولوجيا، لا يعارضون اعتبار هذا الرقم ممثلا لعمر الأرض.

إننا نتكلم بالملايين وبالآلاف الملايين بمنتهى السهولة. ومع ذلك، فهي وحدات زمن مذهلة. تبلغ من الكبر الحد الذي يوجب علينا محاولة توكيد طول تلك الفترة، التي تقدر بنحو ٤,٥ ألف مليون سنة. وإبراز تلك الحقيقة. ولقد قام بهذا العمل هنريك فان لون، في الفقرة الصحية التي افتتح بها كتابه المشهور: (قصة الجنس البشري)، حيث قال:

«هناك في أقصى الشمال، في الأرض التي تسمى سوبيدجود، تقف صخرة، ارتفاعها مائة ميل، وعرضها مائة ميل. ويأتي عصفور صغير مرة كل ألف سنة، ويحط رحاله على تلك الصخرة، لكي يجعل ظهرها مدببا.

فعندما يتم تآكل الصخرة على هذا النحو، حينئذ يكون قد مر يوم واحد من أيام الخلود».

وثمة طريقة أخرى أقل خيالا وتمثيلا، ولكن ربما تكون أكثر فائدة في إظهار حقيقة عمر الأرض، وتوكيده في عقول الناس. وهي أن نقارنه بنشوء الإنسان. فهناك من يدعون أن الكائنات البشرية كما نعرفها اليوم، إنما نشأت عن أسلاف أو جدود عبر قشرة الأرض وغير بشرية، خلال فترة مقدرة بنحو مليونين اثنين من السنين. وإن هذا التطور البطيء من الجد الأعلى الدال إلى الإنسان الحديث، كان لزاما أن يكرر نفسه أكثر من ٢٠٠٠ مرة، قبل أن يساوي الوقت الذي استغرق في تلك العمليات، ما يعادل عمر الأرض المقدر لها.

وماذا نعرف عن الطريقة البطيئة التي أوجدت في بادئ الأمر الحياة، وأخرجتها إلى حيز الوجود على الأرض؟ حتى الآن، نحن نكاد لا نعرف شيئا. فعلماء الكيمياء الحيوية وعلماء الطبيعة، يجهدون

تطور الحيوان، عبر العصور

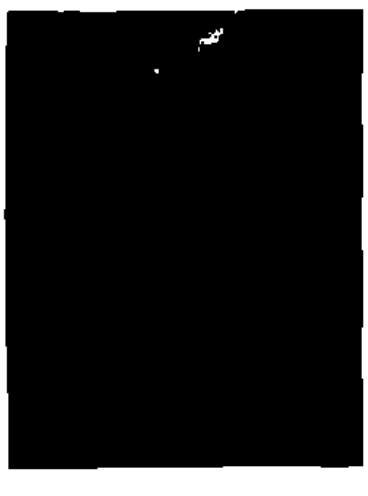
بعد ٣١٥٠ سنة، يبقى النصف

بعد ١١٦٠٠ سنة، يبقى سدس الربع

بعد ١٧١٩٠ سنة، يبقى واحد فقط

بعد ٢٢٩٢٠ سنة، يبقى من ١٦ جزءا

بعد ٦٠٠٠ سنة، يبقى جزء من الف جزء



أنفسهم في الرجوع بحساباتهم إلى الماضي ـ من أجل تخمين ما كان في جو الأرض السابق ومحيطاتها من مادة خام ، وقد أقنعوا أنفسهم أن أصل الحياة كان هناك ـ حيث تم تكوين جزيئات البروتين ـ بافتراض توفر طريقة تعمل على تكوين جزيئات البروتين . ولقد أظهرت بعض الدراسات الحديثة ـ أن الحساء الكيميائي غير الحي ـ والغني من حيث الجهد والقدرة في المحيطات القديمة ـ كان يمكن أن ينظم في أحماض أمينية ـ عن طريق تأثيرات البرق ـ ولكن أمكن تحويل الأحماض الأمينية إلى جزيئات بروتين داخل المعمل ـ ومن هذه الحقيقة يمكن استنتاج كل شيء ـ وأهم ما تتطلبه هو الوقت الكافي ـ ولقد قدر أن الانتقال من مركبات عضوية بسيطة ـ إلى أول ما أطلق عليه اسم كائن عضوي ـ استغرق فترة أطول بكثير من فترة التطور التي حدثت بعد ذلك ـ من الحيوان ذي الخلية الواحدة إلى الإنسان ـ ولا يقتصر ما تظهره تسجيلات الأحافير على توفر الوقت اللازم ـ ـ بل دلت كذلك على أن الحياة بدأت فعلا ببطء شديد .

ويقسم علماء الجيولوجيا تاريخ الأرض كله إلى حقبتين غير متساويتين من الزمن ـ تسمى كل منهما ـ دهرا ـ ـ والدهر الأول ـ وهو الأطول إلى أكبر حد ـ يعرف باسم (الكريبتوزويك) ـ وقد اشتق هذا الاسم من أصل إغريقي معناه (الحياة الخافية) ـ وهو يمتد من تاريخ ابتداء أول الصخور المعروفة ـ إلى حد نحو ٦٠٠ مليون سنة مضت ـ أي يغطي فترة طولها نحو ٣٠٠٠ مليون سنة ـ أما (الدهر) الثاني فهو (الفانيروزويك) ـ ومعنى اللفظ باللغة الإغريقية ـ الحياة البادية أو المطورة ـ ـ وهو يمتد إلى يومنا هذا .

وكما هو متوقع ـ بعد أن عثر (دهر الكريبتوزويك) أقل الأشياء شيوعا على سطح الأرض ـ وهي توجد فقط حينما تكشف عوامل التعرية لب مجموعة جبال قديمة ـ أو حينما يتم قطع أو شق ممر عميق عبر هضبة عالية ـ أو ما هو أكثر من ذلك أهمية ـ أن توجد تلك الصخور على هيئة ـ درع ـ صخم ظاهر للعيان ـ في بعض بقاع سطح الأرض ـ ففي لحال أمريكا ـ يلتف الدرع الكندي من حول خليج هدسون ليغطي لابرادور ـ وفي أمريكا الجنوبية ـ يعرض كل من درعي غيانا والأمازون صفات سطحية واسعة ـ أما درع أثيوبيا (الحبشة) ـ فهو يمتد من جنوب أفريقيا إلى جزيرة العرب ـ ويمتد درع استراليا من بيرث إلى داروين ـ وهناك درع أصغر يغطي معظم سكندينافيا ـ وأخيرا يوجد درع في سيبيريا .

ومع ذلك ـ تكون الطبقات السطحية القديمة النادرة ـ وهو حالما في حدود الحجم الكلي للقشرة الأرضية ـ قدرا هائلا من المادة ـ ورغم هذا ـ ففي كل الكيلومترات المربعة التي تشغلها صخورها المتطورة ـ نجد أن الشمس والحجر الجيري المفروش ـ وهي الأحافير الوحيدة التي اكتشفت حتى الآن بشكل ملحوظ ـ وإنما تضم أنواعا قليلة من الطحالب ذات اللون الأزرق ـ الأخضر المختلفة ـ وبعض مستحضرات العفن ـ مضافا إليها الأحجار المحفورة لحيوان مجهول على هيئة الدودة ـ وإن لم يتبق أي أثر للدودة ذاتها .

ويعطي هذا الحصاد صغيرا للدرجة يرثى لها ـ وقد حصلنا عليه من تاريخ الأرض ـ الذي امتد عبر ثلاثة آلاف مليون سنة ـ وعلى أية حال ـ قد لا يكون هذا هو القصة كلها ـ فإن حيوانات (الدهر) الكريبتوزوي كانت كلها ساكنة الماء ـ ومن المحتمل أنها كونت قبلا ـ أو لم تكون قط ـ من الأجزاء الصلبة على غرار الصدف ـ أو العظام ـ أو الخصاريف ـ وربما كانت هي أعداد أكثر بكثير مما أظهرت صخور الكريبتوزوي مع تباين الأنواع ـ وقد تم دعم هذا الاحتمال أيضا ـ في ضوء حقيقة أن بعض صخور الكريبتوزوي ـ غنية بالكربون العضوي ـ مما يمكن أن يمثل آخر الآثار الغابرة للكائنات الحية الأولى ـ ومع ذلك ـ فإن الفرق بين الحياة على الأرض ـ حتى في نهاية الكريبتوزوي ـ أو دهر الحياة الخافية ـ والحياة في الأحقاب الأولى من الفانيروزوي ـ أو دهر الحياة البادية ـ هو فرق مذهل ـ وفي حين أننا لن نستطيع استنباط ما يمكننا من قراءة قصة أحافير أحياء الدهر الكريبتوزوي ـ إذا بالقصة التي تليها وتأتي من بعدها في الفانيروزوي قصة محكمة ـ تكاد تكون سهلة الأخبار ـ ويصعب تصديق ما تؤرخه عن تطور مكشوف ـ ولقد استغرق الإنسان زمنا قصيرا جدا ـ لكي يجمع قدرا هائلا نسبيا من قراءة الأحافير ـ كان قد زال وتطور فيها ـ عندما اعتقد أن كافة الكائنات الحية تربط بينها علاقة ما ـ وأنها تتتابع وتتدرج هابطة إلى نفس

تظهر بعض الأشياء القديمة التي تم تقدير أعمارها بوساطة كربون ١٤ ، في الأشكال المرسومة في أعلى . فقد أثبتت نبضة صغيرة من النشاط الإشعاعي، أن لفائف أو قراطيس البحر الميتة المشهورة (١)، عمرها على الأقل ١,٩٠٠ سنة ، وبعض حبوب الفولس اليابانية(٢) عمرها ٣,٠٠٠ سنة ، ولقد عمر صندل(٣) أحد كهوف أوريجون، بوساطة الكربون المشع على أنه ٩,٠٠٠ سنة ، والأجسام التي من جولدهيكن في إلينوي (٤) ، عمرها نحو ١٠,٠٠٠ سنة ، وإحدى أشجار وسكنسن (٥) ، ثبت أنها عاشت منذ ١١,٠٠٠ سنة مضت ، واستخدم فحم نباتي (٦) عثر عليه في العراق، من أجل التدفئة بمعرفة الإنسان منذ عام ٣٠,٠٠٠ قبل الميلاد .

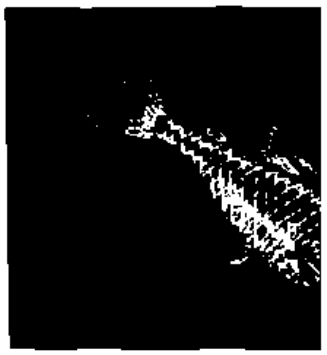
البيولوجية والمناخية . وعندما يعظم ويزداد مدى تلك التغيرات ،يكون هناك اتجاه مماثل لإحداث تغير وراثي أعظم ، وهو أمر لا يثير العجب ،نظرا لأن أي وضع جديد للحياة أو للأحوال المعيشية ،قد يتطلب فروقا في الحيوان لضمان البقاء .

وأول خطوة من خطوات تنظيم المعرفة العلمية ،هي بالضرورة تقسيم المادة إلى نمط مفيد . وفي علم الحياة ، مثلا ، يجب أولا وقبل كل شيء التمييز بين ما نسميه النبات ،وما نسميه الحيوان . فالكائنات الغريبة التي على غرار ذات الأشكال الغامضة . وهي التي تجمع بين الحيوان والنبات ، أو التي في بعض الحالات تمضي نصف حياتها كالحيوانات تماما . ثم تمضي النصف الآخر كالنباتات بلا منازع . يجب أن توضع في ملف خاص بها وحدها . ولكن كل ماعدا ذلك يجب أن يرتب .بحيث تقع تحت نوع واضح أو باب ظاهر .لايقتصر على مجرد التعرف على الكائن الحي . بل أيضا يبين لنا علاقته بالكائنات الأخرى التي على شاكلته . والطريقة التي يتبعها عادة عالم البيولوجيا في ترتيب الحيوانات وتصنيفها ،هي أن يعمد إلى تقسيمها أولا إلى مجموعات كبيرة نسبي ، قبائل ، أو « الفيلا » . وهناك قبيلة . تقسم بدورها إلى طوائف . فرتب ، فعصائل . فأجناس . وأخيرا إلى أنواع الكائن الحي . وعلى ذلك ،فإن طائر روز بريستد جروسبيك ، أو ذو المنقار الضخم الوردي الصدر ، إنما يعرض لنا صنفا معينا من الكائنات . ويدل هذا الاسم على (نوعه) ، نظرا لأنه لا يمكن أن يقسم أو يجزأ إلى عينات مختلفة من طيور المناقير الضخمة الوردية الصدر . وعلى أية حال ، عندما نسلك الطريق الآخر في الاتجاه العكسي ، نجد أنه أحد أعضاء مجموعة أكبر – جنس . من الجروسبيك أو ذات المنقار الضخم ،التي توجد منها عينات مختلفة في أمريكا الشمالية ، وكلها تجمع بينها صلة وثيقة . والجروسبيك بدوره إنما ينتمي إلى (فصيلة) أكبر من الطيور ، ثم إلى (رتبة) أكبر وأكبر من الطيور الأوابد ، تلك التي تشتمل كذلك على الغربان ، وطائر السكلة ، وعصفور الكنت أو الأوربول ذهبي الريش ، وذلك نظرا لأنها تشترك في بعض الخصائص ،التي لايشاركها فيها مثلا النعام أو البط . وتتجمع كل هذه الرتب تحت(طائفة) ، تعرف بكل بساطة باسم الطيور . وأخيرا تنتمي الطيور إلى (تحت قبيلة) من الفقاريات ،تضم الحيوانات التي لها عمود فقري . وفي نهاية المطاف ، تنتمي الفقاريات إلى (قبيلة) الحبليات ، التي لا تقتصر على الحيوانات ذات العمود الفقري وحدها ، بل إلى جانب ذلك تضم حيوانات ذات تركيبات داخلية ، يمكن مضاهاتها بالعمود الفقري .

وهناك أنواع عديدة من الفقاريات ليست من الطيور ، ومن اللازم تقسيم هذه الأنواع بدورها إلى أقسامها الخاصة بها . وإلى الآن ،وجد أن عدد ما يعيش على الأرض من الفقاريات سبع طوائف مختلفة . وبينها للسمك ثلاث طوائف مميزة . هناك طائفة واحدة من اللمبريات ، وطائفة واحدة من البرمائيات ، التي تشمل الضفادع والسلامندر ، وطائفة وحداة من الزواحف التي تشمل التماسيح ، والسحالي ، والسلاحف ، والثعابين . وهناك أيضا طائفة الطيور . وأخيرا طائفة الثدييات . وبالاختصار لا يوجد حيوان عظمي الظهر ،لايقع تحت طائفة أو أخرى من هذه الطوائف السبع .

ولكن الحيوانات ذات الظهور العظمية ،ليست هي أقدم القبائل ،ولا أكثرها عددا . فهناك قبيلتان في غاية الأهمية هما الرخويات والمفصليات . وتضم الرخويات : الزيق . والجندفل أو الأستريدة ، والمحار (سكالوب) . والقواقع . والصدفيات . ومجموعتين إضافيتين من سمك الصدف . وأخيرا الحبار (أو أم الحبر) ، والأخطبوط ، والنوتيلات (وهي نوع من القواقع) ، وقوامها كلها حس رتب . وقد يبدو أن العلاقة بين الزيق (حيوان صدفي) والصدفيات ،علاقة قريبة جدا ،بحيث لاتسمح بوضعها تحت طائفتين مختلفتين ، ولكن عندما نتتبع خطوط تطورهما إلى الوراء ،نستعرض الفروق الطفيفة القائمة بينهما ، عندها يتضح أن الفروق بينها كفروق الإنسان من السمك ، أو فرق السمك عن الطيور .

ونكون المفصليات ،إلى أبعد حد ،أضخم القبائل . إذ تضم مجموعة المفصليات أربع طوائف رئيسية هي : الاستاكوزا ، وهي جراد البحر والكبوريا ، وذات المائة رجل والألف رجل، والعناكب ، والعقارب ، ثم الحشرات . ومرة أخرى قد يبدو هذا التقسيم كأنما تم بلا قيد أو شرط . حتى يتبين بجلاء ووضوح أن الأربع طوائف تشترك في بعض الصفات أو الخصائص . والأهم من هذا كون أنها



من أروع أمثلة التطور ،سمكة صغيرة لسبي (بلاينه كيف تشاراسن) ، أو تشارسن الكهف المظلم ، ليس لها أعين . لقد زمن طويل مضى،كانت هذه الأسماك قد احتبست في بحيرة مظلمة تحت سطح الأرض،في بعض مغارات المكسيك . وبطبيعة الحال، لم تكن للأعين أية فائدة في الماء الذي لاضوء فيه . وعلى التدريج ، توقفت السمكة عن إنماء عينيها حتى فقدتهما في النهاية .

تشترك فى تلك الصفات ،من غير أن يقاسمها فى ذلك أى كائن حى آخر خارج الطائفة . ومن بين تلك الخصائص الهيكل الخارجى . فهو خفيف ومرن سهل الالتواء . بخلاف صدفة القريش . ويخالف بنفس القدر النظام الداخلية للإنسان . وإن كلمة (مفصليات) إنما تعنى الأرجل ذات المفاصل) . وكل عضو من أعضاء القبيلة له مثل تلك الأرجل . وبتجميع هذه الأعضاء كلها ،نجد أن هناك أكثر من مليون نوع مختلف من المفصليات . بينما هناك ١٣٢ ألف نوع من الرخويات . ونحو ٤٥ ألف نوع من الحبليات . وهذه القبائل الثلاث هى أكبر القبائل . ومن غير أن نعقد الأمر بإدخال قبائل أخرى . يمكن أن نرسم صورة واضحة إلى حد كبير لنشوء الحياة وتطورها . بأمثلة من هذه القبائل وحدها .

وبعد تقسيم وتبويب الحيوانات . يجب علينا أن نقسم ونبوب الحالات التى نشأت فيها تلك الحيوانات . وعندما يتم هذا العمل ،يمكن أن نقص قصة النشوء والتطور . وعلماء الجيولوجيا هم الذين يقسمون ويبوبون حالات الأرض التى مرت بها . وهم لا يعتمدون إلا النذر اليسير عن الكربتوزويك ،ذلك الدهر (المجهول) القديم ،بحيث إن معلوماتهم فى هذا المجال قاصرة . أما دهر الفانيروزويك ،الذى يمتد زهاء آخر ٦٠٠ مليون سنة . فقد قسم ثم أعيد تقسيمه بدقة متزايدة . كلما اقتربنا من عصرنا الحاضر .

وهناك ثلاثة أقسام فرعية عظمى لدهر الحياة البادية ،تعرف باسم الأحقاب . وأول تلك الأحقاب الباليوزوى (أو حقب الحياة القديمة) . ثم الميزوزوى (أو حقب الحياة الوسطى) . وأخيرا عصر السينوزوى (وهو حقب الحياة الحديثة) . وكما كان الدهر القديم أطول بكثير جدا من دهر الحياة الأخيرة . فكذلك تدل الأحقاب الثلاث على وجود عجلة زمنية . فالباليوزويك (الذى يقسم إلى ستة عصور) استمر إلى ما يقرب من ٣٣٠ مليون سنة مضت . وبذلك يكون قد استغرق ٣٧٠ مليون سنة . وعلى النقيض من ذلك فإن الميزوزوى (ويشتمل على ثلاثة عصور) ،استمر زهاء ١٦٧ مليون سنة فقط . ونهاية السينوزوى – الذى بدأ منذ ٦٣ مليون سنة مضت فقط – لم تتضح بطبيعة الحال رؤيتها بعد . ومن المستحيل معرفة الزمن الذى تنتهى فيه . وعلة ذلك أولا لأن هناك بوادر ريب وحيرة من أن الإنسان قد تتوفر له القوة سريعا (إذا لم يكن قد حصل عليها فعلا) ،من أجل توجيه نشوئه وارتقائه .وكذلك نشوء وارتقاء سائر الكائنات الحية معه . وثانيا لأننا لا نعلك ما نضمن به سلامة تقسيماتنا للدهور والأحقاب . وكيف أنها خير ما يمكن أن يعمل . وأن من سيجيئون بعدنا . سواء كانوا إنسانيين أو فوق الإنسانيين . بحسب ظروفهم . سوف يكونون من غير شك مختلفين عنا . وقد تستحوذ عليهم الملاحظة والمخالطة ، أو يغلب عليهم الحظ ،بحيث يدركون كنه العلاقات التى كانت قائمة فيما مضى من الزمان ،والتى لا نراها نحن الآن . وسيكون فى مقدورهم تقسيم الأحقاب أو القبائل بطريقة أحسن مما نفعل نحن الآن . وبصرف النظر عما سيكون من أمرهم . فإن الأحقاب بدورها تقسم إلى عصور . كما هو واضح فى الجداول الجانبية التى على الصفحات ١٣٦ ، ١٣٧ .

وكان حال الأرض فى ابتداء أول عهد حقب الباليوزوى ، العصر الكمبرى ، مختلفا اختلافا كبيرا عما هو عليه اليوم . فقد غطى البحر مساحة أكبر بكثير بالنسبة لما تغطيه البحار اليوم . ولكنه كان بحرا ضحلا جدا . وكانت كتل القارات الأرضية منخفضة وصغيرة نسبيا . ولقد ظلت صخورها عارية وخالية من الحياة النباتية ،باستثناء الممكن أو حزاز الصخر (أشنة بدائية) ، ومجموعة أخرى من النباتات البدائية إلى أقصى حد . تمكن ملاحظة حيواناتها فى قواعد أحافير الكمبرى . ولم تكن هناك حياة حيوانية على اليابسة بتاتا . ويمر الجو عموما بالاعتدال وحالات السكون . ويبدو أن الكمبرى ظل به الأمد . إذ أن عصره ظل يمضى ويمضى فى أمن وسلام زهاء ١٠٠ مليون سنة . من قبل أن يتزلق بهدوء إلى العصر الذى يليه.

وعلى أية حال . كانت الأشياء تحت سطح البحر أكثر حيوية . فإن التقدم السابق الذى حول فى غير وعى ،المركبات العضوية البسيطة إلى الكائنات وحيدة الخلية ،ثم إلى الأشكال متعددة الخلايا . كان قد وصل النقطة التى عندها زخر البحر بكائنات مختلفة متنوعة . يزن بعضها ١٠ أرطال (٤ كيلوجرامات). أى ملايين أو آلاف ملايين المرات قدر الكائنات وحيدة الخلايا . التى ظهرت فى الأيام الأولى .

هذه الأحفورة من نبات السرخس القديم ، عبارة عن ورقة نبات لوبة بشكل المساند ، والجلوسوبتريس ، عثر عليها فى أماكن عديدة متفرقة مثل جنوب أفريقيا ، وأمريكا الجنوبية ، مما يشير إما إلى أن جزيرة جرت المحيط ، وإما إلى أن تلك الكتل الأرضية التى فى نصف الكرة الجنوبى، كانت متصلة يوما ما .

وكانت أظهر أنواع الأحياء في العصر الكبرى هي (الترايلوبيت) . أو ذات الثلاثة فصوص . ويرمز اسمها إلى ثلاثة مصارع أو فصوص . تميز تقسيم جسمها . ولو أن أي كائن حي سمي ليرمز إلى عصر من العصور . لكانت ذات الثلاثة فصوص هي رمز البحار القديمة . وقد كانت أكبر نصر للتطور في عهدها . وأكثر الأشياء التي رأتها الأرض نشاطا وإنتاجا . ولم تكن غير شبيهة بمرحلة الانتقال بين (الاستاكوزا) ورخويات البحر . وكانت ذات صدفة خارجية . لها قفقات . وأرجل عديدة . مكنتها من الزحف فوق طين قاع البحر . وكذلك سمح لها جسمها المقسم إلى قفقات بالالتفاف حول نفسها . لتصبح كالكرة الصلبة . كأنما هي فاش الخشب . ومن الجائز أن يكون ذلك من أجل الدفاع . ولقد أنتجت الترايلوبيتات أو ذات المصارع الثلاثة . أشكالا واسعة الاختلاف والخجوم . وكانت متقدمة على غيرها في ذلك العصر بخطوات واسعة جدا . بحيث بات من المعتقد أنها وهي في أوج عظمتها قد مثلت ٦٠٪ من كافة كائنات الأرض الحية آنئذ . وأن يومها كان يوما طويلا . فقد عاشت أكثر من ٣٠٠ مليون سنة .

وكانت الترايلوبيت من أنواع الأرثروبودا (المفصليات) الأولى . وشاركت رواد قبائل الرخوات في بحار الكمبري . ولم تكن قد ظهرت بعد القبيلة التي ينتمي إليها الإنسان . الحبليات . والجد الأكبر لكل الحبليات كان لا يزال مهملا في صورة أخرى أكثر بدائية . وليس من المقطوع به أن العلماء سوف ينجحون يوما ما في إعادة بناء العلاقات بدقة . تمكن لتقرير ما إذا كانت أوائل أجناس الكمبري أقرب في شكلها إلى الدودة . أو إلى نجم البحر .

وبعد مضي مائة مليون سنة انتهى العصر الكمبري . وجاء من بعده العصر الأردوفيشي . ولقد تميز هذا التغيير بحدوث اضطرابات جيولوجية عديدة في نصف الكرة الغربي . فقد زحف البحر ردحا من الزمان . وقسم أمريكا الشمالية إلى مجموعة من الجزر . وتقدمت سلسلة ضخمة من الجبال في الساحل الشرقي من نيوفوندلاند حتى ألاباما . مفجرة العديد من البراكين . التي ثارت رمادها فوصلت غربا إلى مينسوتا . وفي البحار استمرت الترايلوبيت في تزاحم هائل . ولكن الرتبة السابقة لها كان قد عددها خروج عدد من الرخويات . من بينها بعض السفالوبودا الملفتة للنظر . كانت أولاد عم الحيار الحديث . ونمت لبعضها أصداف مخروطية الشكل . يبلغ طول جماعات منها خمسة أمتار . ولقد رأى العصر الأردوفيشي وشاهد كذلك ظهور أولى الحبليات . وبالرجوع إلى الماضي . يمكن أن يقال عن ذلك الرائد . الذي كان من بين ذات الظهر العظمي . أي شيء إلا أن يثير الانتباه أو يوجه إليه اهتمام أحد . لقد كان سمكة من بين الحيوانات البدائية المتنوعة عديمة الفك . التي لا يمثلها في العصور الحديثة سوى الجريث . والحلكى أرسطو كالانكليس . ومع ذلك . كانت تلك السمكة غير الواضحة من الفقاريات . أقدم ما أنجبت كل الصخور حتى الآن .

والعصر الذي تلاه . أي السلوري . كان أقصر أمدا عن سابقيه بكثير جدا . فقد ظل زهاء ٢٠ مليون سنة فقط . وخلال معظم زمنه . تميز بنفس الهدوء والسكون . وبالقارات المنخفضة . والبحار الضحلة الدافئة . التي سادت خلال العصر الكمبري . ولكن شرق الولايات المتحدة الأمريكية . كان يتحول ببطء . عن طريق ارتفاع القاري . إلى بحر داخلي تحيط به الأرض . وراحت تلك البحيرة الداخلية تتبخر تدريجيا في أواخر العصر السلوري . مخلفة وراءها صحراء ضحلة واسعة . ولقد استخرج ما ترسب من ذلك الملح على نطاق واسع في نيويورك . وبنسلفانيا . ومتشيجان . ومن الجائز أنه قد امتدت بحيرة الملح الجافة . فوق ما يربو على مساحة قدرها ٢٣٠ ألف كيلو متر مربع .

واستمرت الحياة تتكاثر في المحيطات الساخنة . فالترايلوبيت المتين ظل على إبطائه . ولكن على صورة محورة غريبة . وظهرت آنئذ عدة أنواع مغطاة بأشواك شاذة غير مألوفة . قد تكون لغرض الحماية ضد الحركة المخوفة والنهب والسلب . بوساطة السمك الذي نشأ وارتقى . وصار المرجان مألوفا إلى حد كبير . وعثر عليه منتشرا في الشمال حتى جرينلند . وظهر عقرب ماء ضخم . بلغ طوله ثلاثة أمتار . فكان رقما قياسيا لطائفة الأرثروبودا أو الحيوانات المفصلية (أو اللافقارية مفصلية الأرجل) . ولقد حجب هذا

العقرب الكبير . وكاد أن يضيع معالم أحد أفراد عائلته ، الذى لم يبلغ من الطول سوى نحو ستة سنتيمترات . رغم كونه نسيبا لا يهاب القدر والأهبة . فى عالم النشوء والتطور . فقد شارك ذلك الكائن الصغير ، كائنا عملاقا غير مشهور من ذوات الألف رجل . فى نيل شرف يحسبانه أول من خاطر بالخروج إلى اليابسة من الحيوانات . وبذلت جهود مضنية على أمل الوصول إلى بعض الحقائق . إلا أن القرائن المستقاة من الأحافير ، لم تكشف لنا ما إذا كانت أجهزة تنفس تلك الحيوانات الرائدة فى عجلة الخروج إلى اليابسة مصممة للتنفس ، أو لتنفس الهواء الجوى .

ولذلك نحن لا نعرف هل كانت تلك الكائنات من سكان اليابسة الحقيقيين ، أو أنها راحت فقط تخرج إلى الأرض لتعود إلى موطنها المائى .

ولكن الأثر الذى أثارته ، والذيول التى خلفتها أوائل العقارب وذوات الألف رجل ، اتسع أمرها رويدا رويدا . ففى العصر التالى ، الديفونى ، نعرف الآن ١٨ عنكبوتا عاشت على الأرض ، مع عشرة بدائية غير مجنحة ، وجدت بقاياها فى صخور العصر الديفونى فى سكتلندة . ومع ذلك ، فقد تمت أهم خطوات التقدم خلال العصر الديفونى بوساطة العقاريات . وتطور السمك ، إلى أن وصل النقطة التى عندها غدا من الممكن التمييز بين مجموعتين كبيرتين : السمك الغضروفى مثل سمك القرش ، والسمك العظمى ، وهى الأجداد الأولى لمعظم أنواع السمك الحديث . ومن بين الطائفة الأخيرة من الأسماك ، استحدثت مجموعة معينة فى التطور ، فنشأت عنها صفات أخرى جديدة ، ثبت أنها كانت على جانب عظيم من الأهمية ، وكانت لهذه المجموعة فكوك حقيقية ، وهى تحمل اسم ذات الأحنجة . وفاخرت وبزت ابتداعين أو اختراعين آخرين أساسيين هما : وجود كيس هوائى داخلى يمكن استخدامه كالرئتين ، أو توفر حلمات عضلية على الزعانف .

وعندما ندرس الحالات التى سادت خلال العصر الديفونى ، يحار فحسنا نجيء ونروح تبعا لحركات بطيئة فى القشرة الأرضية — فإنه يبدو من المؤكد أن تلك التطورات كانت خطيرة وضرورية وأساسية ، من أجل معاونة أصحابها على تخطى الحواجز القائمة فى سبيل العيش على الأرض ، ويسود الاعتقاد بين علماء الأحافير ، بأن القدرة على استنشاق الهواء ، بالإضافة إلى مزايا أخرى أهمها استطاعة المشى ، على زوائد قوية متينة فوق مسطحات المد والجزر المفتوحة ، هى التى حملت من الأسماك العظمية ، الأجداد الأولى لكل صفادع وسلامندر العصر الحالى .

ونشوء نباتات الأرض ، لا يقل أهمية عن تطور العقاريات فى العصر الديفونى . وفى تلك الآونة ، كان قد تغير منظر القارات وتحول . فالقارات التى كانت عارية ، بمطر أراضيها الصخرية الرقطاء ، بما فيها من حزاز الصخر أو المكنة ، اصبحت تكسوها غلالة لأشجار السرخسية الغنية بالخضرة ، إلى جانب أنواع عديدة من الأشجار الأولى ذات الخضرة ، ولأول مرة ، كان تكسو الأرض الخضراء ، بما فيها من نباتات كأنها أرض زراعية ريفية . وما من شك أن نباتات كان دخيلا أو غريبا مغزلى الشكل ، ولكنه كان نباتا ممتازا . وكانت هناك الغابات ، والبرك ، والمستنقعات العادية ، يسبح فيها السمك ، والحشرات تزحف وتلعب فى الظل ، الذى تغطيه الطحالب .

واستمر التقدم العظيم ، الذى تم فى عالم النبات خلال العصر التالى ، وهو العصر الكربونى ، الذى بدأ منذ ٣٤٥ مليون سنة مضت ، واستمر زهاء ٤٥ مليون سنة ، وكانت تلك الحقبة من الزمان ، فترة نشاط جم فى القشرة الأرضية ، فارتفعت سلاسل جبال عديدة ، وكانت البراكين فى غاية النشاط ، وغطت الأرض مستنقعات الغابات الواسعة ، التى أضحى النباتات والأشجار ، ولقد عمرت كلها تحت الماء مرات عديدة ، عبر مساحات واسعة من سطح الأرض ، ومن ثم راحت تدفن فى عمق ، ثم تدكك بتأثير الضغوط الناجمة عن الرسوبيات التى تراكمت من فوقها ، وهكذا تكونت ، تلك الغابات الشهيرة ، لتصبح فى النهاية من أكبر ترسبات الفحم الحجرى فى العالم ، والتى أخذ منها عصر الكربونى اسمه .

وخلال هذا العصر ، تطورت حشرات عديدة ، ومن بينها حشرة كانت تشبه حشرة الرعاش ، ولكن بلغ طول جناحيها عند فرده نحو متر أو أقل بقليل ، وجاء مع تلك الحشرات أول آثار مجموعة

فقارية جديدة ، وهى الزواحف ،التى كانت أوائل الحيوانات ذوات الظهر العظمى ،التى تخلصت بصفة نهائية من المـــاء .

أما البرمائيات ، فمن اللازم أن تعود إلى الماء لكى تتزاوج وتضع بيضها القابل للكسر . وما زالت صغارها حتى يومنا هذا ، كما هى الحال مع قراخ الضفادع ، تمضى مرحلة مائية عن طريق السبح الحر الطليق ،قبل أن تستطيع الرجوع إلى الأرض فى صورتها الناضجة . وأكبر بدعة قدمتها الزواحف ،أنه كانت لبيضها أغلفة قوية ،بحيث يمكن إلقاؤها سليمة فى أى مكان من غير التعرض للجفاف ، وأن صغارها تستطيع العيش على الأرض بمجرد أن تفقس . ويمثل هذا التحرر النهائى من إسار البحر ،مرتبة أكبر حادث تم فى تاريخ الحياة .

وآخر حقب الپاليوزوى ، هو العصر البرى ، الذى كان من بين أكثر عصور الأرض عنفا وشدة فى تاريخها . فقد زادت معدلات بناء الجبال ، ولأول مرة خلال مئات ملايين السنين ، حدث تغير هائل فى مناخ الأرض . فقد تعرض العصر البرى لعصور جليدية قاسية غطت جزءا من أفريقيا ،واستراليا ، وجنوب أمريكا بالجليد . بينما تحولت أجزاء أخرى من العالم إلى صحارى. وأنتجت البحار التى جفت ، أعظم ترسبات الملح الثلاثة الكبرى فى العـــالم وهى ، واحدة فى روسيا ، وواحدة فى ألمـــانيا ، وواحدة تمتد من كانساس إلى نيومكسيكو فى الولايات المتحدة الأمريكية . وكان ذلك فى مجموعة من بين أعظم ما عرف من العصور غير الملائمة لمسايرة ركب الحياة ، إذ صار الإجهاد الذى أصاب العديد من الكائنات إجهادا قاسيا . ولم يستطع قاطنو مستنقعات العصر الكربونى العظمة ، سواء من الحيوان أو النبات ، تحمل الزمهرير وشدة الجفاف ،وعجز كثير منها عن البقاء حيا . أما الأشجار الضخمة والسرخسيات الوارفة الظلال ،فقد ذبلت واندثرت ، وحلت محلهـــا المخروطيات القـــوية ، وتأقلمت الزواحف . ولكن فى البحر وصلت الترايلوبيت المتينة أخيرا إلى حضيض حياتها ، ثم اندثرت فى النهاية .

وبذلك انتهى حقب الپاليوزوى ، بعد مضى ٣٧٠ مليون سنة من التطور البطىء ، ولكن المتزايد بعجلة منتظمة . وهناك أنواع لم تدخل فى الحساب جاءت ثم ذهبت ،إلا أن كل مجموعات الحياة الكبرى ، أثبتت وجودها تماما .

وحقب الميزوزويك،الذى جاء بعد ذلك ، والذى دام ١٦٧ مليون سنة ، تميز أولا وقبل كل شئ بإحلال الزواحف محل اللافقاريات ، كحيوانات سائدة على الأرض . فما أن رست هذه الكائنات على اليابسة ، حتى راحت تتطور ،وطفقت تخطو فى هذا السبيل بخطوات واسعة . وقد تميزت بكونها أقوى وأخف حركة من البرمائيات . التى يقول عنها چوليان هكسل : « أعاقها بطونها الكبيرة ، وأرجلها الصغيرة ، كأنما هى قالسـتاف فى شيخوخته وهرمه » . وفى أوائل عصر الميزوزوى، اتخذت الزواحف وتعددت أشكالها وحجومها ، فراحت تزداد حجما على التدريج بمرور الزمن . وعاد بعضها إلى البحر فى صورة حيوانات كاسرة تشبه الدلفين ، ولكن بخراطيم لها أسنان طويلة . وغاص بعضها الآخر وانغمس فى المستنقعات ،طلبا مقادير هائلة من نباتات البرك ،والمستنقعات ،والأنهار . وفى منتصف الحقب ،وصلت الزواحف فى تطورها إلى أكبر الحيوانات الأرضية التى عرفتهـــا الدنيا على الإطلاق . وكان ذلك عصر الديناصورات ،وعلى الرغم من أن العديد من الزواحف لم يكن ديناصورات ،إلا أن أعظمها عجبا كان من الديناصورات . فقد عرف من بينها الديپلودوكس ، وهو ديناصور ، مثان ، برقبته الطويلة ،ورأسه الصغير ، بداخله مخ أصغر وأصغر ، وجسم بدين حسين ، وأرجل ضخمة ، مع ذيل طويل . وقد بلغ طول الديناصور من مقدمته إلى مؤخرته نحو ٢٨ مترا ،وهو أكبر ،وإن كان أقل وزنا من مثيله فى الشكل برنتوساورس ، سيد زمانه ومكانه .

والحيوانات التى كالدببة ،والتى تسمى ستيجوساورس ، راحت تجوس خلال الغابات ،وقد حسنت ظهورها الأنواع العظمية الضخمة على جانبى الظهر ، وذيولها المسلحة بأشواك طول الواحدة منها نحو متر كامل . وكانت تتحرك ببطء ، وحتى أقل الحيوانات فطنة وذكاء ، فتوسط وزن المخ أرطيتين ونصف فى كتلة من الجسم تزن ١٠ أطنان . وثمة مجموعة أخرى من الديناصورات آكلة اللحوم ،راحت تتنقل بسرعة فى

ترينا الخرائط أعلاه وإلى على الصفحة المقابلة،القدر الذى كان البحر يغمره ، مما يعرف الآن باسم أمريكا الشمالية،فى أزمنة مختلفة خلال الماضى السحيق . فى العصر الكبرى (الصورة العليا)، غطى البحر مساحات واسعة من الولايات المتحدة،على الرغم من أن مساحة كبيرة من كندا كانت أرضـــا يابسة (وهى المساحة الملـــونة فى الخريطة) .

وفى العصر الأردوفيشى(الأوسط)، كان البحر أكثر اتساعا ، على الرغم من ارتفاع معظم ساحل الأطلنطى فوق المزج . وفى أواخر العصر الديڤـــونى (الصورة السفلى)، غمست الأرض مكاسب عظمى ، ولكن قل الماء بقدر كبير أمن أراضى الغرب الأوسط ،ومنطقة جبالروكى.

نشاط ونهم على رجليها الخلفيتين ، مدلية رجليها الأماميتين الصغيرتين أثناء مشيها . ولم يكن بعضها أكبر من الدجاج ، بينما بعضها الآخر مثل الألوصاوروس ، ومثل تايرانوسوس ، وكانا ولا شك أشهر الحيوانات آكلة النبات التي عرفت على الإطلاق ، والتي يضرب بها المثل في الضخامة ، والمسالمة ، وعدم الأذى .

وتزعت طائفة أخرى إلى الهواء . وراحت تنسل فوق البحر على أجنحة من الريش ، تتفرج عن ثمانية أمتار . ولم تكن هذه طيورا ولا خفافيشا ، ولكن زواحف طائرة . لها أجسام صغيرة ، عظامها رقيقة مجوفة ، وكانت أجنحتها ضخمة بالنسبة لحجوم الأجزاء الأخرى ، مما آثار دهشة عظيمة ، وأصبحت بصفة عامة مجالا للتساؤل عن الطريقة التي كانت تعمل بها تلك الأجنحة . فمثلا كانت أرجلها مجرد زوائد هشة قابلة للكسر ، وأضعف من أن تتحمل المشي ، والمعتقد أنها كانت تستعمل من أجل التشبث بحواف الجبال وحيدها . ويرى بعض العلماء أن البتراندون كان يمضي كل ساعات مشيه وتجواله في الانسياب من فوق سطح البحر ، وهو يركب كالطيارة على الهواء الصاعد من فوق قمم الموج .

ولو أن عصر الميزوزوي عرف وتميز بالزواحف ، فقد ظهرت فيه أول الطيور كما ظهرت أول الثدييات ، وظل كل منها عبر واضح المعالم ، وعديم الأهمية مدة طويلة . ولكن توفرت لكل منها قوى التأقلم أو التكيف ، التي تعتبر بمثابة التحسينات الواضحة المعالم لما كان يجري من قبل ، ولم يكن أمر وصولها إلى مرتبة السيادة سوى مسألة زمنية . فالطيور والثدييات هما من ذوات الدم الحار . وتوفر لهما تلك الصفة ميزة عظمى بالنسبة إلى الحشرات ، والبرمائيات ، والزواحف . فكل هذه الحيوانات الأخيرة ، عندما ترتفع درجة حرارة الجو ، تقاسي من ضربة الحر . ومن اللازم أن تفر السحلية الصغيرة التي تعيش في رمال الصحراء المحرقة اللافحة ، وتهرب مسرعة من بقعة ظل إلى أخرى ، وإلا قضي عليها في دقائق معدودات ، ولا تستطيع البقاء سوى الطيور والثدييات ، التي تلهث أو تتصبب عرقا حسب الظروف . فهذه الكائنات وحدها ، هي التي يمكن أن تبقى معرضة للشمس الساخنة مدة طويلة من الزمن . وبالمثل عندما تهبط درجة الحرارة ، تعتبر الحيوانات ذات الدم البارد خامدة ، أي لا تجد ما تفعله بإزاء ذلك كلية . أما الثدييات من ذات الفراء ، والدهن الذي تحت الجلد ، فإن فراءها ودهنها إنما يعملان على أن يحتفظ الجسم بحرارته ، مع معدل مرتفع للتمثيل الغذائي ، من أجل استمرار توليد الحرارة في الجسم ، ليتمكن من تحمل البرد إلى ما شاء الله . وهي تبدي بعض المرونة في هذا السبيل ، كما تحتاج إلى مصدر مستمر للطعام ، لكي تعمل أجهزتها الداخلية بصفة مستمرة . والمثل الذي يضرب للتطرف والمغالاة في هذا المجال ، هو مثل الزباب (فأر يأكل الحشرات) ، الذي يجب أن يأكل بنهم كل ساعة أو ساعتين ، وإلا مات جوعا . وعلى خلاف ذلك ، لا يحتاج تنين البر (ثعبان كبير يسمى أيضا الأصلة) إلى وجبة كبيرة ، إلا مرة كل عام تقريبا .

وتعاني الثدييات الآلام والاضطراب ، إذا لم تحتفظ بدرجات حرارة أبدانها داخل حدود حيز ضيق . فالحشرة يضطرب نشاطها – أو هي قد لا تعمل بتاتا – عندما تهبط درجة حرارتها الداخلية إلى حدود ١٠٧ درجة سنتيجراد (٤٥°فهرنيت) ، ولكن ليس من اللازم أن تموت . ومع ذلك ، يموت الإنسان إذا ما انخفضت درجة حرارته تحت نحو ١٨ درجة سنتيجراد (٦٥ درجة فهرنيت) ، لأن من مستلزمات الدم الحار ثبوت درجة الحرارة ، مع توفر مصدر طاقة ثابت . ولكن من الممكن توفير هذه الأشياء ، عن طريق النشاط العقلي الكبير ، والتكييف الطبيعي الجسماني . وكما أن هناك الحاجة ، فهناك أيضا القدرة اللازمة لها . وفي أثناء آخر ثلاثة وستين مليون سنة ، خلال حقب السينوزوي ، تمت السيادة والغلبة للحيوانات ذات الدم الحار .

هذه نبذة مختصرة ، وربما ترسم إلى حد ما ، صورة تقريبية ، لتاريخ الحياة . ومع ذلك ، فهي توضح الخطوط المبهمة لبعض القواعد العامة الخاصة بالنشوء والتطور . ولا يضمن لنا التطور أي شيء ، فهو وسيلة عشوائية تعمل لمجرد الصدفة . وإن حقيقة نشوء الأميبا لا تعني ضمان (ولا تثبت) نشوء الإنسان وتطوره بنفس الطريقة . فتحت تأثير العوامل المتغيرة على الأرض ، تلك العوامل التي تؤثر فيها بالذات وتحورها عملية التطور ، ظهر الإنسان . ولو كانت الظروف والأحوال مختلفة قليلا ، لظهر وخرج إلى معترك الحياة كائن آخر قريب من الإنسان . ومع ذلك ، فهناك ميول أساسية هي الخطوط التي يستدل بها . وهناك اتجاه

خلال آماد ما قبل التاريخ الطويلة ، والتي أخذت الصور المبينة في الخرائط التي على الصفحة المقابلة ، استمرت البحار في تراجعها العام عن أمريكا الشمالية . وفي العصر الكربوني ، على أية حال ، أطبق على غرب أمريكا محيط عظيم ، الساعة نحو ١٠٠٠٠ كيلو متر (الصورة العليا) ، وما أن حل العصر الكريتاسي (الشكل الأوسط) ، حتى كان البحر قد غمر من جديد معظم غرب كندا ، وكل المكسيك ماعدا مساحة صغيرة . ولم يحدث قبل عصر الميوسين (الصورة السفلى) – منذ نحو ٢٥ مليون سنة مضت – أن برزت القارات الحالية كلية وتمايزا فوق سطح البحر ، ولكن حدث ذلك في عصر الميوسين .

للبعد عن البساطة والأخذ تدريجيا بالأشكال المركبة . بل وهناك ميل لتطوير الحياة لتسرى خلال عدد متزايد من النوافذ أو الآفاق فى الوسط . بحيث تعمل على زيادة القدر الكلى للحياة ،التى يمكن أن يستوعبها كوكبنا الأرض . ويسير هذان الرأيان معا جنبا إلى جنب . نظرا لأن التزايد فى التعقيد ،إنما يسمح بارتياد نوافذ وآفاق جديدة .

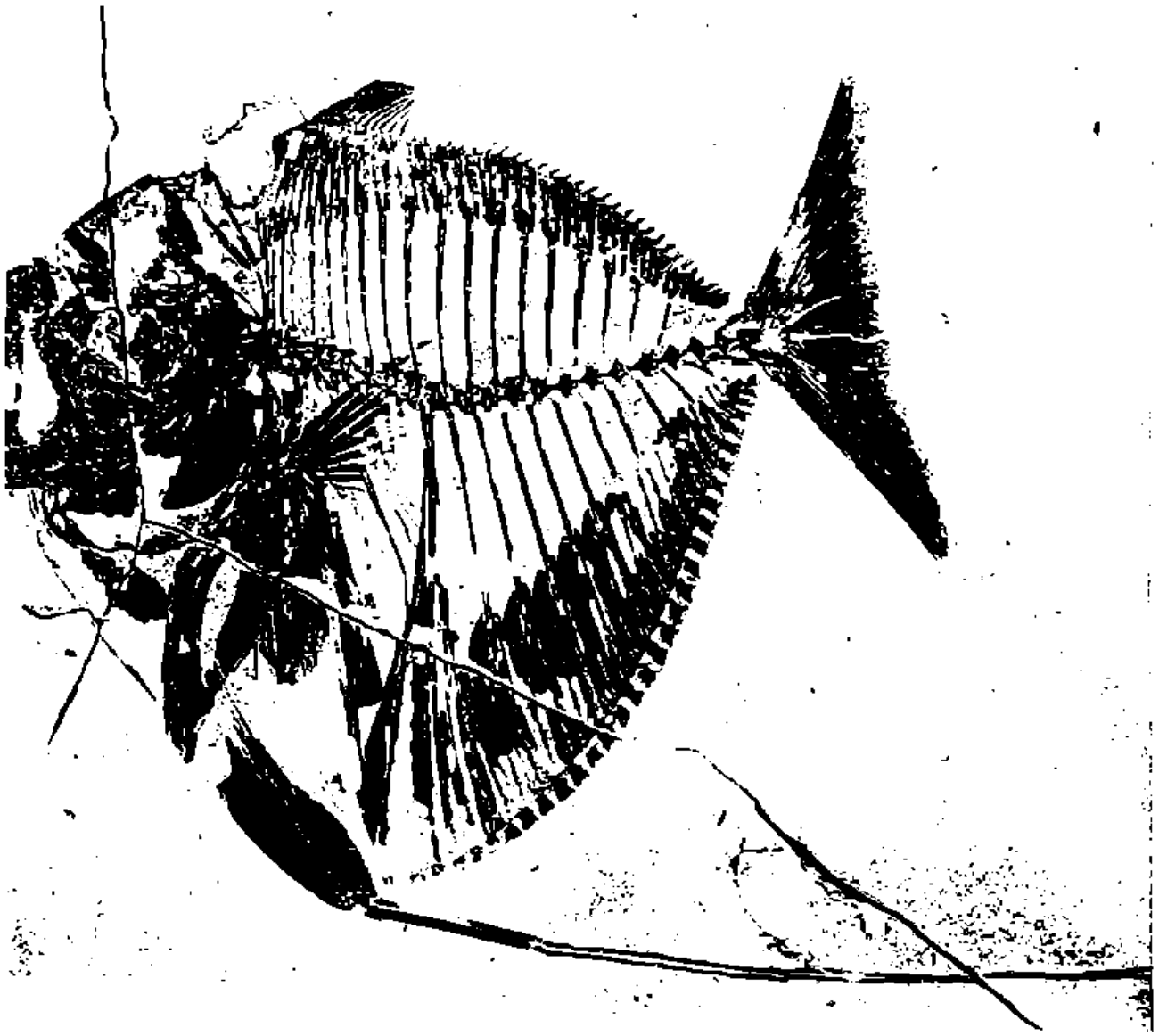
ونظرا لأن أفراد الخلايا المستقلة التى تتضافر وتتعاون سويا فى مجموعات ، قد تعود لمجرد الصدفة فتظهر خلافات مع بعضها بعضا ،فإن العودة إلى جمع الشمل للعمل تحت راية واحدة ،فيه خير المجموعة بأسرها . فهناك مثلا عدد قليل يمكن أن يتميز بالشعر الطويل بالنسبة إلى المتوسط . وقد تمكن حركة الشعر الجماعية (الزحف عبرها فى المجموعة لكى تتحرك بسرعة أكبر من السرعة التى تتحرك بها من تلقاء نفسها . وبالتالى ،فإن تلك الخلايا بدورها ، قد تزحف بنجاح أكبر ، حتى لو كانت زيادة هذا النجاح تكاد تكون غير ملموسة . ولو كانت مثل هـذه الخصائص تمنح مجموعة من الخلايا حتى أقل المزايا فالخلايا المفردة التى تتحرك حرة طليقة فى الماء . فإن فرص البقاء على قيد الحياة بالنسبة للمجموعة ،سوف تكون أكبر من فرصة بقاء أية خلية وحدها على انفراد . وتلك المجموعات التى أصبحت فروقها المفيدة أعظم ظهورا على مر العديد من الأجيال ذات التغير العشوائى ، تتوفر لها أفضل فرص البقاء . ومن ثم أكبر أمل للتغير فى المستقبل .

وبمرور الزمن ،تصبح الفوارق بين أفراد الخلايا كبيرة جدا ،بحيث لا يمكن بعد ذلك بقاؤها منفصلة . فكل خلية تكون قد تخصصت لأداء وظيفة معينة مثل الحركة ،أو التغذية . أو التناسل . ومنذ ذلك الحين ، يكون على الخلايا إما أن تعمل متعاونة مع بعضها ،وإما أن تموت . وعلى هذا النحو ،نشأت الكائنات متعددة الخلايا بمعنى الكلمة . وبهذه الوسيلة ،تكون فرص التطور الواسعة العظيمة قد فتحت على مصراعيها . وعندئذ يبرز التطور نفسه ميلا مماثلا نحو الإسراع والعجلة .

ولقد حدثت كل هذه الأشياء ، فجاءت فى أعقاب صور الحياة البدائية صور أكثر تعقيدا . وهى تسرى وتفيض متزايدة فى الكثرة وفى السرعة من البحر إلى الأرض ، ثم إلى كافة ما فيها من شقوق . وتوفرت لكل عصر من العصور أنواعه من الكائنات الناجحة . فقد كانت لها الثلاثة مصارع أو فصوص (ترايلوبيت) . وغيرها من مفصليات حقب الباليوزوى يومها الطويل ، الخاص بسيادتها وتوليها عرش الحياة على الأرض . ثم ورثت عرش الحيـاة من بعدها زواحف حقب الميزوزوى ، تلك التى حتت محلها الحيوانات الأكثر إنتاجا ،ونشاطا ، وقابلية للتكيف ،وهى حيوانات الدم الحار التى نعيش فى العصر الحديث . ولا يزال التطور مستمرا . وما زالت توجد الجيوب الأساسية لهذه الاستزادة من التخصص . وإذا لم يحدث شئ يعكر صفو تلك الوسيلة . فقد نستطيع افتراض أنه بمضى الزمن ، سوف يحل محل تعديات من يسود الحياة من نوع أرقى .

على أنه لزاما علينا أن نؤكد مرة أخرى ، أنه لا يوجد ما يجزم أو يقطع به فى أمر التطور والارتقاء . وليس ثمة ما يضمن حدوث ذلك مستقبلا . بل العكس صحيح . فقد يحدث ذلك يسارع لحقوف فى عدم إمكان ذلك . وللأول مرة فى تاريخ الحياة ، صهر كائن على بينة من أمر الحياة ، ومنذ ذلك الحين ،لن تكون الحياة هى نفسها كما كانت من قبل . لأننا إذا ما أحسنا بشئ وكنا على بينة من أمره ، فعندئذ تتوفر لنا المقدرة على الانتباه بها .

ولقد تطور الإنسان إلى الحد الذى غدا فيه يرى الأمور ، ويتذكرها ، ويقرأ ، ويكتب ، ويخترع المعدات والأجهزة العلمية و نحاس ، وتخفض كل هذا عن الاكتشاف العام ، الخاص بوجود ما يسمى التطور ، الذى نشأ عنه بدوره عن لوزاكة ، مع ما يسايره من توقوف على تصوير مجرى التطور بعد ذلك . وفى مستقبل البشرية ، قد يوجد الإنسان قدره ونصيبه بدلا من أن يتركه للصدفة . وسوف يتولى كذلك قيادة قدر ونصيب كل الكائنات الحية الأخرى . ولا يخطر ببال أحد أنه سوف يسمح بتطور أى نوع بضرر عليه من التحسينات والتعديلات ،ما يتيح له فرصة الخلود على الإنسان وصيرورته ،صاحب السيادة على الأرض . وعرضا عن ذلك ، سوف يختار بنفسه ذلك النوع ويحول نفسه إليه . وعلى الأقل ،سوف تتاح له فرصة عمل ذلك . وقد لا تكون الفرصة فى قبضة يده . ولكنه سوف تتم وتحدث .



هذه سمكة من عائلة (بوسيانو) الحديثة، عمرها ٥ مليون سنة، عاشت في بحار إيطاليا هذه الأحفورة من السمك، الذي انقرض في يوم من الأيام هيئة الشكل المبين.

لا تعود كل كائنات الأرض إلى تراب غفل . بل تحفظ ما خلفته آثار . وغالبا عظام ، آلاف ملايين المواد العضوية الكبيرة والصغيرة، في الصخور القديمة التي تضمها القشرة الأرضية . ولقد دأبت مدارس البحث على دراسة السجل الأحفوري خلال ٢٠٠ عام ، من أجل معرفة كيف نشأت الحياة، أو كيف بدأ الخلق . ولكي نجد المادة الأساسية للحياة الآن . فقد عمد العلم إلى اختراق نواة الخلية الحية .

فى أحد مقابر الديناصورات ، يستخدم الهيكل العظمى من الصخر الذى حفظ فيه . يستخدم العمال فى دار آثار الديناصورات الأهل فى بوتاه ، مثقبا لكسر كتل الصخر ، ثم يستخدمون بعد ذلك الأجهزة الأكثر دقة وحساسية ، للعمل فى آثار الديناصورات وبقايا حيوانات عديدة يتم الحفر وانتشليب عنها جزئيا ، حتى يمكن أن يرى زوار الآثار بأنفسهم كيف تكونت الأحافير .

ورقة نبات مطبوعة من شجرة الشنار (أو الشيدر) من عصر الميوسين ، تشبه إلى حد كبير ورق الإسفندان الحديث . مصدر الألوان هو المعادن التي تسربت إلى خلايا الورقة .

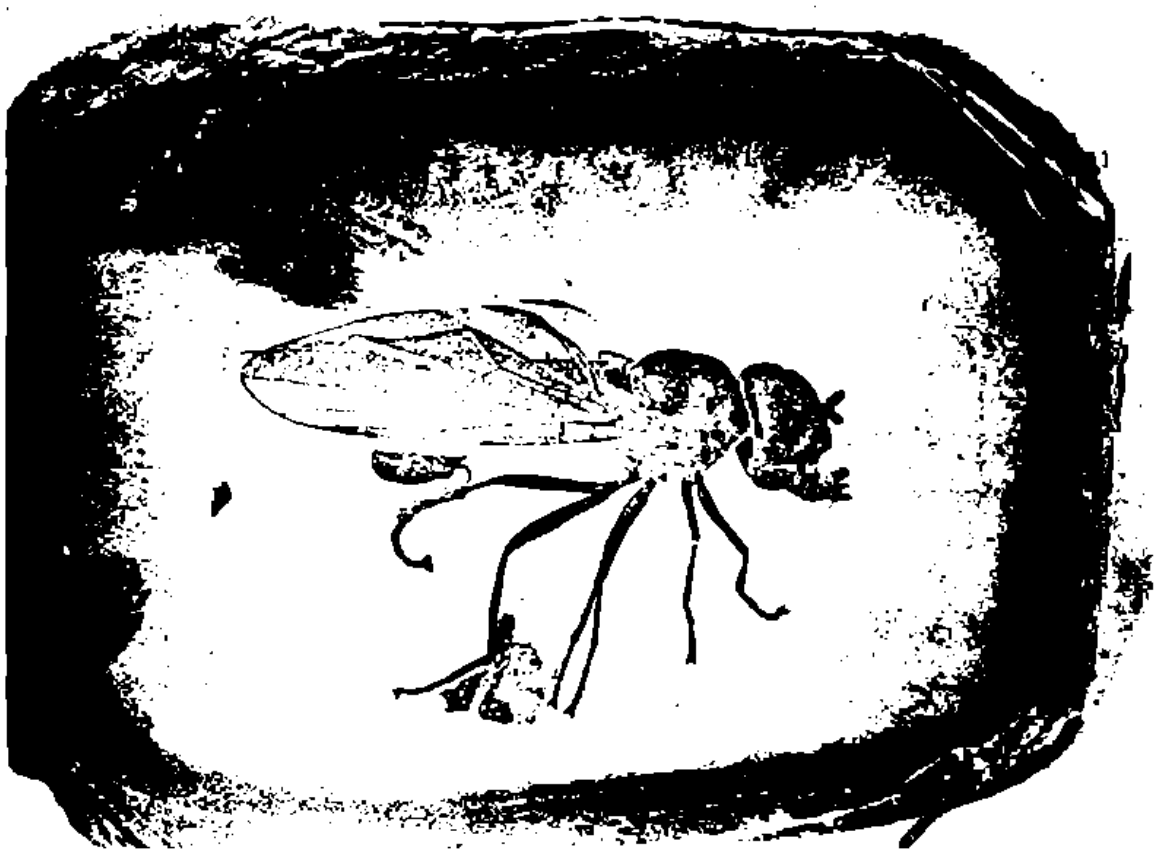
عظام زرافاء واهية ، عبارة عن بقايا مشربة بالمعادن لأكل لحوم في مثل حجم القط ، كان يتسلق الشجر ، ويعرف باسم بإرتاميس . راح يجوس خلال غابات ويومنج ، منذ حوالي ٥٥ مليون سنة مضت .

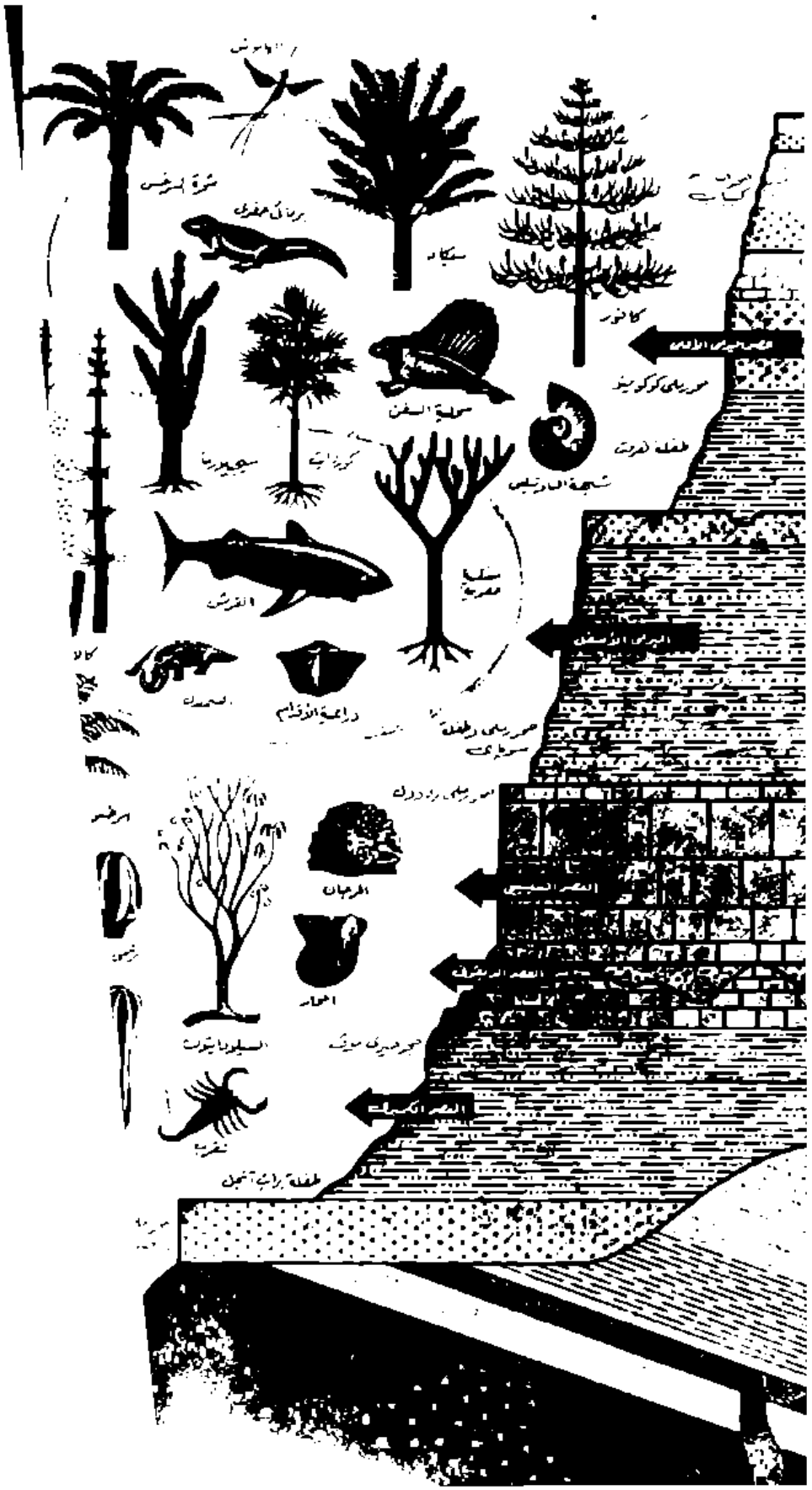
الصور المطبوعة للحياة الغابرة

حتى زمان عام ١٧٥٠ ، كانت الأحافير تعتبر لدى أغلب الناس ، بقايا النباتات المألوفة والحيوانات التي غرقت في طوفان نوح . وعندما ظهرت نظريات النشوء والارتقاء ، نعمق العلماء في نظرتهم إليها ، ولاحظوا الآثار الضئيلة لأنواع الأحياء العجيبة الغابرة ، التي هي الأجداد الأولى لأحياء العصر الحديث ، ولكنها تختلف عنها كما ما من عدة نواح .

ومن العجيب حقا أن تكون هناك أحافير . فأنسجة الكائنات الحية ، وحتى عظامها ، قابلة للفناء والاندثار سريعا . وما لم يتم دفنها على عجل داخل مادة لزجة طرية ، تفقد فيها بعد صلبة في مثل صلابة الصخر ، فإنها تتحلل وتتمزق . وعندما يحفر أحد العلماء ، منقبا عن أحد الهياكل العظمية ، فإنه كثيرا ما يجد المعادن قد تسللت وتسربت إلى الخلايا ، فتحجرها وتحولها إلى صخر صلب . ومن النادر حقا أن يعثر فقط على طبعة أو قالب الكائن الحي . والأعضاء الداخلية الفاخرة التي في الشكل الأسفل ، تحللت منذ آماد بعيدة ، ولكن قالبها احتفظ بكل تفاصيل الشكل الخارجي المتضخم .

أحفورة على هيئة الذبابة ، حفظت كاملة تماما في الكهرمان ، راتنج شجر الصنوبر المرّ ، الذي تصلب منذ ٣٠ مليون سنة مضت





كرة عن هيئة اخلية،هي شكل واحد من بين ٧٦شكلا مختلف ، تشبه الأشكال الأرضية التي عثر عليها خلال دراسة عدة نيازك . يرجع سر لونها إلى الصبغات المستخدمة في الاختبارات المجهرية (تحت الميكروسكوب).

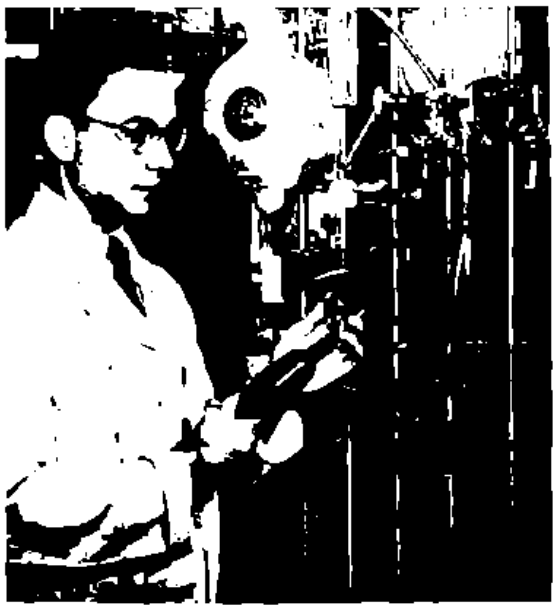
شكل سداسي قاطع (إلى اليمين) ، تحيط به هالة تميل إلى البياض،قد تكون أحفورة مما تبقى عن الحياة من الفضاء ، عثر عليها في الدراسات الحديثة ، لنيزك سقط منذ قرن مضى .

كرة تشبه النبات ،تظهر هنا بلونها الطبيعي(الأسود)،اكتشفت في نيزك سقط في تشيانيفا عام ١٩٣٦ . باستخدام قوة تكبير أعظم ، يتضح أن هذه حزمة من خيوط وسطها ، تغطيها أشواك أو أهداب قصيرة ، على غرار

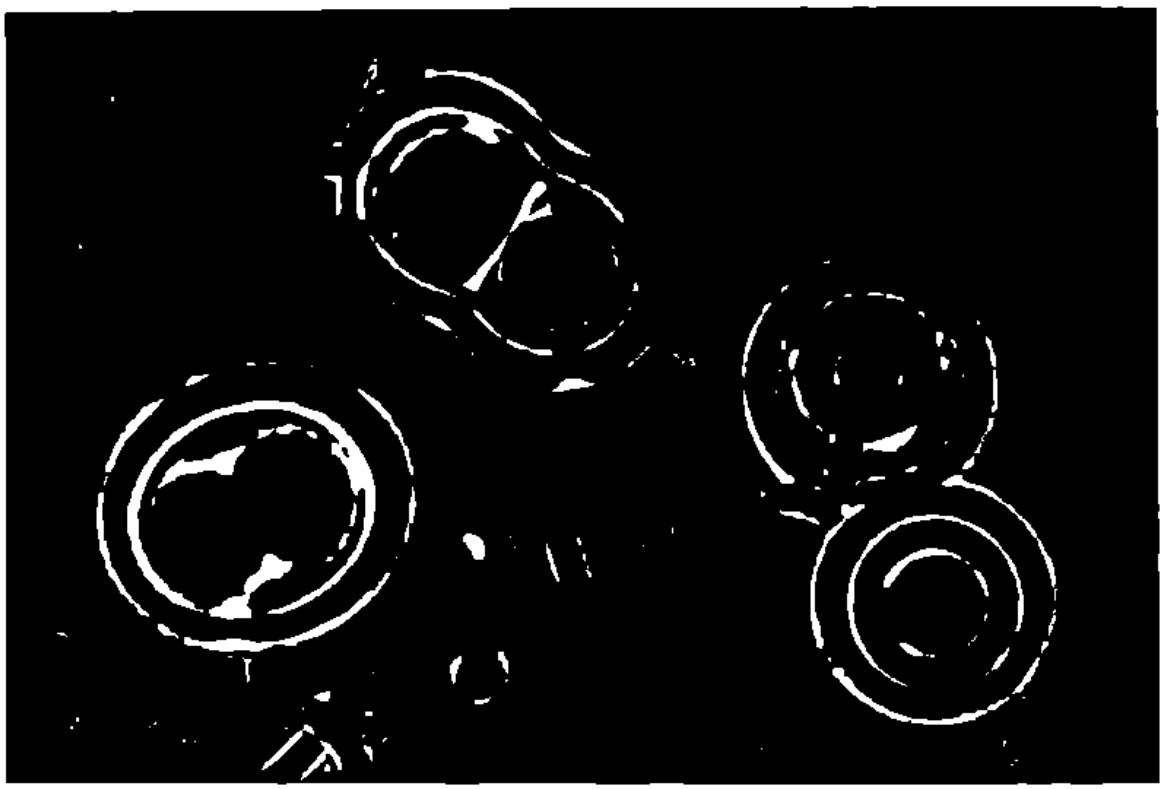
العديد من طحالب الأرض.وتحيط بالشوكة كتلة من كربونات الماغنسيوم المائل للبياض ، والمعثور في الحديد والصخر .

مفاتيح وحلول لابتداء الحياة

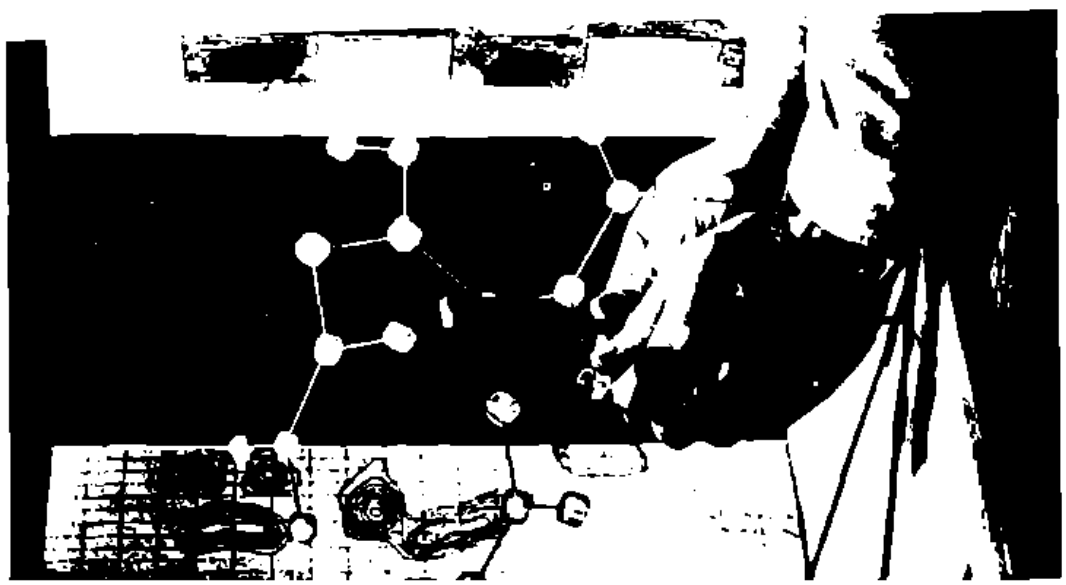
كيف بدأ فيض الحياة عـــلى الأرض ؟ هنالك إجابتان أجازتهما سلسلتان من التجارب المعملية الحديثة : مجموعة من العلماء اختبرت الجسيمات الصغيرة التي تتطاير من النيازك ، فعثروا على أحافير لا نهائية في الصخر (الصحيفة المقابلة) ، مما يوصف على حذر بأنه مادة « منظمة ». ويعني ذلك ويتضمن أن أصل الحياة على الأرض ، ربما كان نباتا منقولا من كوكب آخر . وقد أجرت طائفة أخرى من العلماء، من بينها الدكتور ستانلي ميلر (إلى اليسار) ، تجارب تبين أن الحياة كان يمكن أن تنشأ هنا تلقائيا، عندما اتحدت عناصر الأرض وهي في أولى أمرها، لتكون الحوامض الأمينية التي هي أساس بروتين الحياة (أو المـــادة العضوية) . وبعد أن مرت أحقاب من التركيبات والتفاعلات المتكررة العقيمة ، كونت الأحماض الأمينية بالضرورة « جزيء آدم » معقد ، كان في مقدوره أن ينمو ويتوالد ، وعندئذ انبثقت شرارة الحياة عن قدر لا نهائي من المـــادة غير الحية .

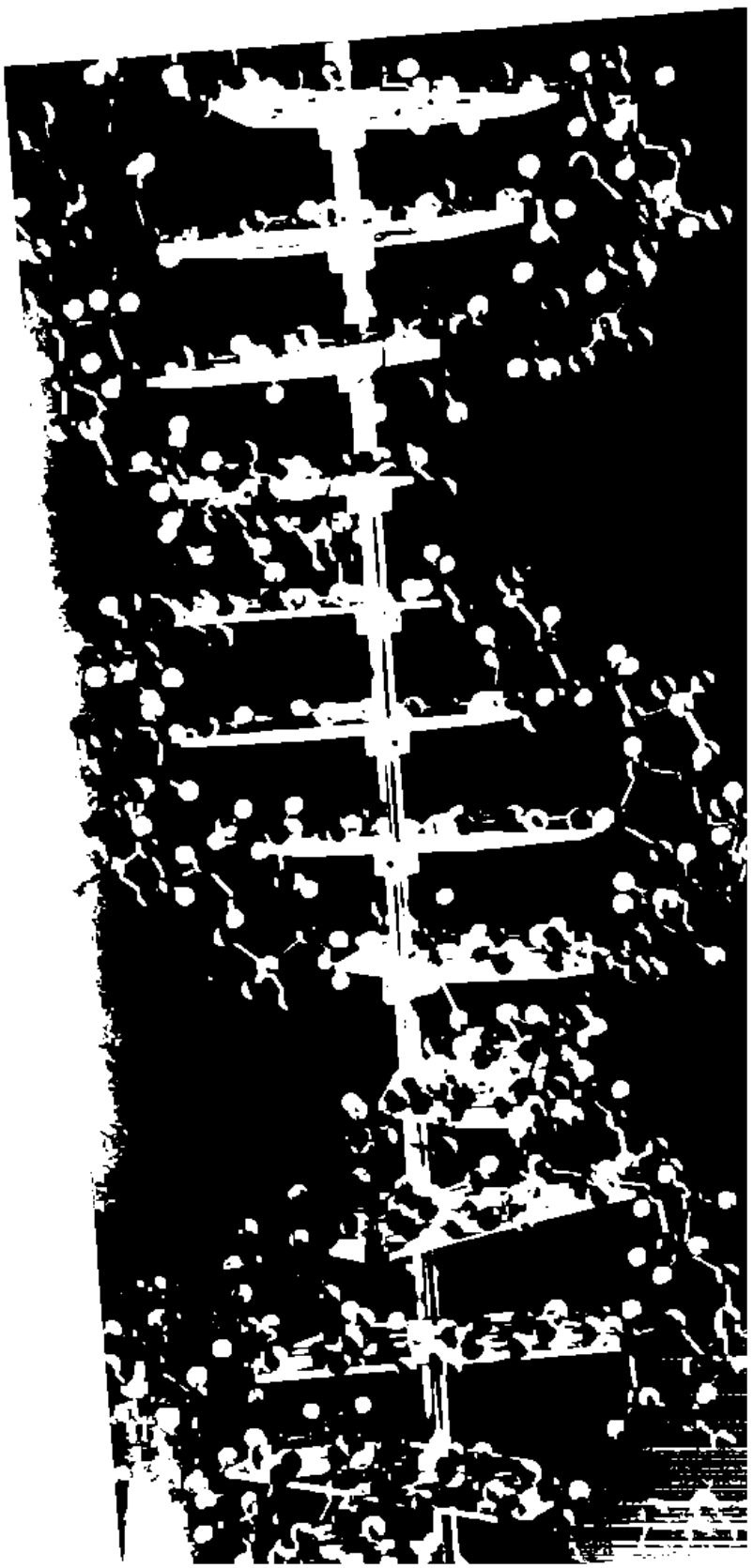


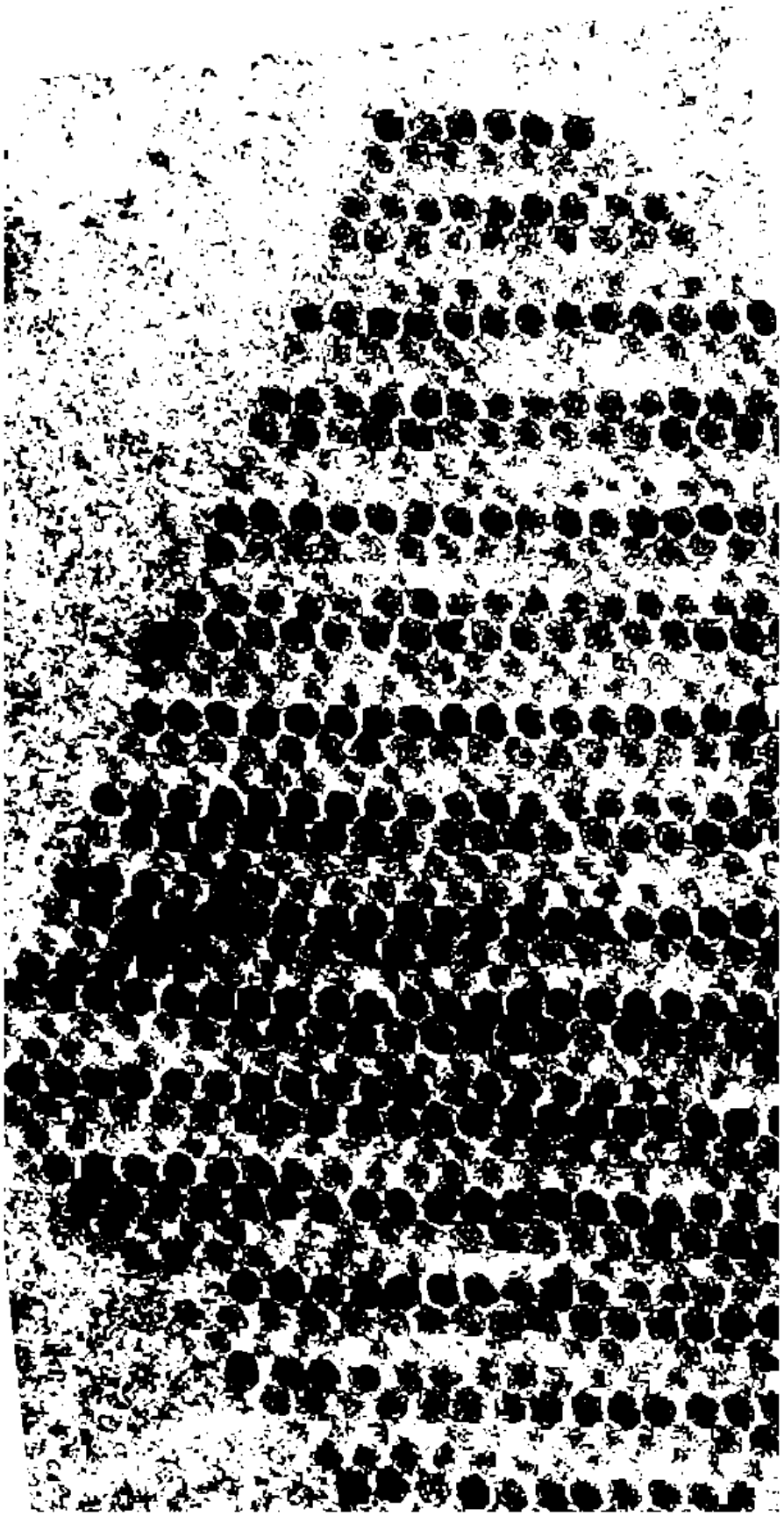
خلط الغازات من أجل تمثيل غلاف الأرض الجوي، وهو في أول أمره. يرينا الدكتور ميلر أن ذلك الهواء القديم ، كان يمكن أن يكون تركيبات عضوية تمهد لقيام الحياة نفسها .

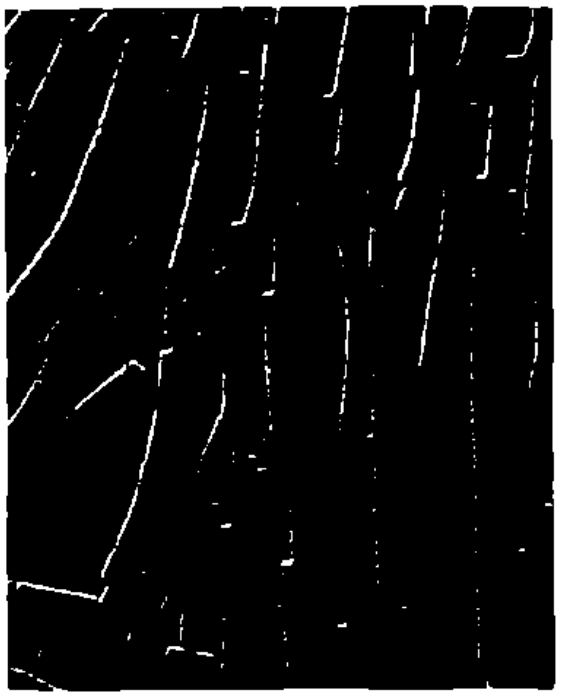


« أصل الحياة » توفر التجربة نفس الحالات أو الظروف التي نشأت فيها الخلايا . وتبدأ التجربة بأن تشحن الأحماض الأمينية الأولية، لتكون مركبات أكثر تعقيدا تشبه البروتينات . وعندما يرد محلول هذه المواد، تظهر ملايين الوحدات على غرار تلك التي إلى اليمين . وإذا ما خفضت حموضة المحلول بعد ذلك ، تنشـــأ الوحدات التي في المركز والتي إلى اليســار .

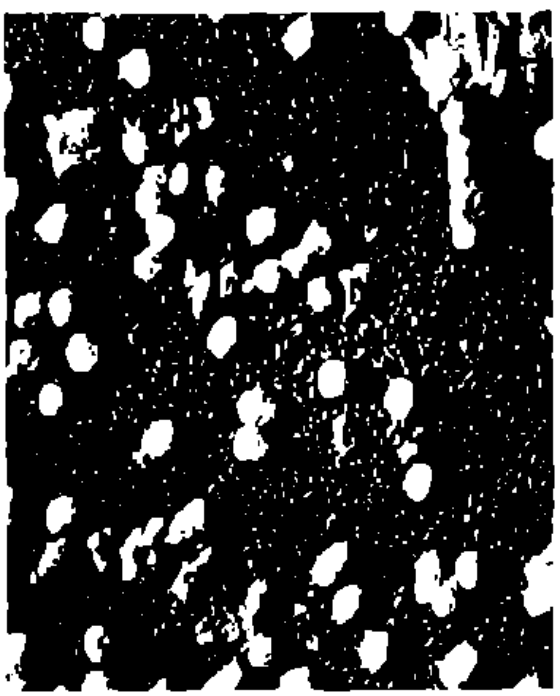








مجاهر من فيروسات الحيات تتشبث ببعضها بعضا ، كما هي حيث أو عيدان (الميكروبات الإسباجيتي) الطويلة . ويكون كل حبل طويل رفيع جزء فيروس من النوع الذي يسبب مرض الموزايك الذي يصيب الطماطم .



تظهر فيروسات الإنفلونزا ، بعد تكبيرها ٣٥ ألف مرة ، على هيئة الكور غير المنتظمة . وتتكون كل كرة من جزيئات تبلغ من الصغر الدرجة التي تحول دون إمكان تصويرها باستخدام أقوى أنواع المجهر الإلكتروني .

الفيروسات المتجددة الحياة

عندما بدأت الحيـــاة ، من المحتمل أن تكون الأحيـــاء الأولى قد تأرجحت ، أي اختلف أمرها ما بين الشك واليقين . فالتكاثر لعضوي قد يبدي وضعة من الحياة ، ثم ينقلب إلى حالة الجادة الخامدة ، وتحت وطأة بعض المؤثرات أو الحوافز ، يعود إلى الحياة من جديد . وتسلك الفيروسات نفس هذا الوجود المتأرجح . ومن المحتمل أن تكون عضيمة الشبه بأشكال الحياة الأولى في هذا المجال . فالفيروسات يمكن أن تكون بلورات خاملة ، لا تبدي أية علامة من علامات الحياة ، أكثر مما يبديه ملح الطعام مثلا ؛ كما أنها يمكن أن تصبح جزيئات حية (انظر الصورة العليا) . ويتكون الفيروس من لب فيه أحماض النواة داخل غلاف بروتيني . ولهذا يفوح أنه لا يتكاثر على حساب مادته بالذات ، ولكنه يجعل الخلية التي يهاجمها تتحول إلى مصنع ينتج المزيد من الفيروسات . والفيروس الخامل ظاهريا ، يأخذ خواص الحياة إذا ما تعرض من جديد لخلايا من الأنواع التي يستطيع غزوها . ومن الأمثلة البسيطة للوسيلة التي يعمل بها التطور ، فيروس الإنفلونزا ، الذي سريعا ما يولد ما يقاوم به الفاكسين المعد للعلاج منه .

تكون هذا البناء البلوري بواسطة فيروس (الشكل المقابل) ، اخترق الخلية الحية . وهذا الفيروس المتبلور على هيئة خلية انتحل ثم تكبيره ألف مرة .

صنف من الفيروسات تم تصويرها في أحد بعض خلية حية . وقد نجح خارج الجدار النووي على أهبة الهجوم . وهذا النوع هو الفيروس الكروي الخاص باختبار اندجاج ، وهو مكبر ١٠٨٠٠ مرة .

خطوات مختلفة في دورة حياة شكل حياتي ، تربتا (من اليسار) آلاف من الأميب وهي تسري منفصلة مع بعضها بعضا، لتكون جسما كأنما هو حي

من عجائب الحياة ، تلك الطريقة التي بها ارتضت الخلايا الحية البدائية مع بعضها بعضا لأول مرة، لتكون كائنات عضوية أكبر . ولكن ماهي الطرق التي بها استطاعت تلك الكائنات العضوية أن تحتفظ بكيانها ، وأن تتكاثر . ثم تنمو وهي على حالة التعقيد ؟ لكي يبحث العلماء مثل هذه الأسئلة، عمدوا إلى دراسة بعض الصور البسيطة، التي لا تزال تتواجد على الأرض . وقد تم اختيار صورتين على هاتين الصفحتين : هما أحد الأشكال الخطية (الصورة العليا) ، والميدزا (الصورة السفلى). وعلى الدوام، يمر الكائن الخاص بمراحل يتبدل فيها ويتحور بشكل عجيب . فهو يأخذ خصائص كل من ممكنات النبات والحيوان . فأولا وقبل كل شيء، يتجمع عدد كبير من الكائنات التي تشبه الأميبا مع بعضها بعضا . لتكون كائنا عضويا جديدا ، يتصرف كأنما هو دودة تزحف على بطنها . وبعد ذلك ، لفترة ما ، يتوقف ، ويبدأ في تكوين كائنات ، رافعا كتلته كأنها هبوة من فوق ساق نبات رفيعة .

شور أو الحيوانات التي تخرج تصبح أسهاك لتكرر الدورة من جديد .

حتى بعد أن تقطع إربا . ولقد عمد علماء الحياة إلى أخذ الهيدرا ، وبرقوا أجسامها إلى قطع مجهرية غاية في الصغر . وبطريقة ما ، استطاعت تلك القطع من الهيدرا أن تنتج كائنات عضوية كاملة مرة أخرى . والبحث والتنقيب في مجال نظام ذلك النوع الذي لا يجيد ولا يكرر أو يقهر ، قد يمدنا بمفاتيح ما أعلق وغاب عنا من أمر طبيعة الحيوانات الدائبة ، وقدرة خلايا الحيوانات الأرقى أو الأعلى مرتبة على إعادة بناء أنسجتها التالفة

نموذج خلية بشرية في متحف العلوم و الصناعة بشيكاجو ، وهي كبيرة إلى الحد الذي يكفي لنجوال الزائرين داخلها . يبلغ ارتفاعها ٨ أمتار ، وقطرها ٨ أمتار ، وذلك بعد تكبير الخلية أكثر من مليون مرة . وتمثل قصبان الغذاء (البلاستيك) ، التركيب تحت غشاء الخلية الخارجي ، المليء أيضا بالثقرات إلى جانب النتوءات .

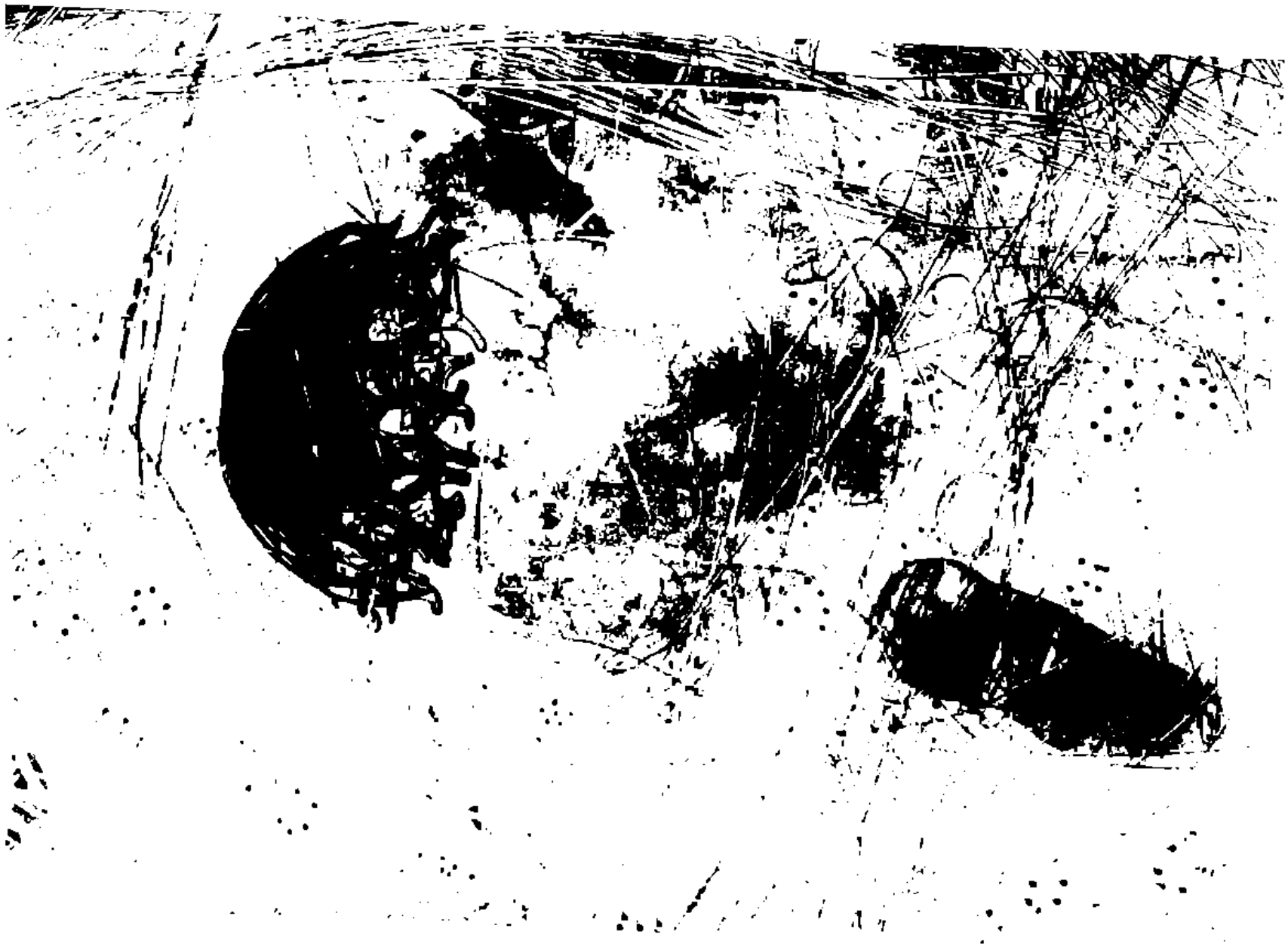
دنيا الخلية البشرية المعقدة

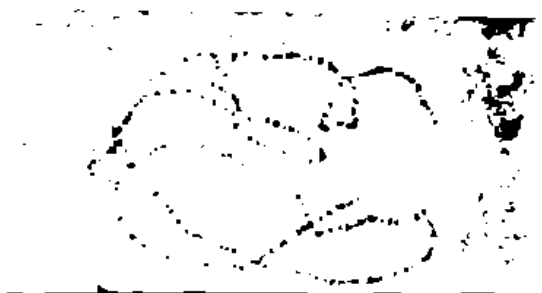
تتكون كافة الكائنات الحية ، من واحدة أو أكثر من الغرف المجهرية تسمى الخلايا . فالأميبا تتكون من خلية واحدة فقط . وفي الرجل البالغ نحو بليون خلية .

وخليط قصبة البلاستيك والثقرات التي على هذه الصفحات ، إنما يكون أكبر النماذج العالمية وأعظمها دقة للخلية البشرية ، وأولها من حيث إظهار دقائق ما فيها . مع الاحتفاظ بنسب الحجوم على حالها . ويمثل هذا الشكل ويظهر صفات الخلية العامة ، أما الخلايا المتخصصة ، فيختلف مظهرها عن ذلك اختلافا كبيرا .

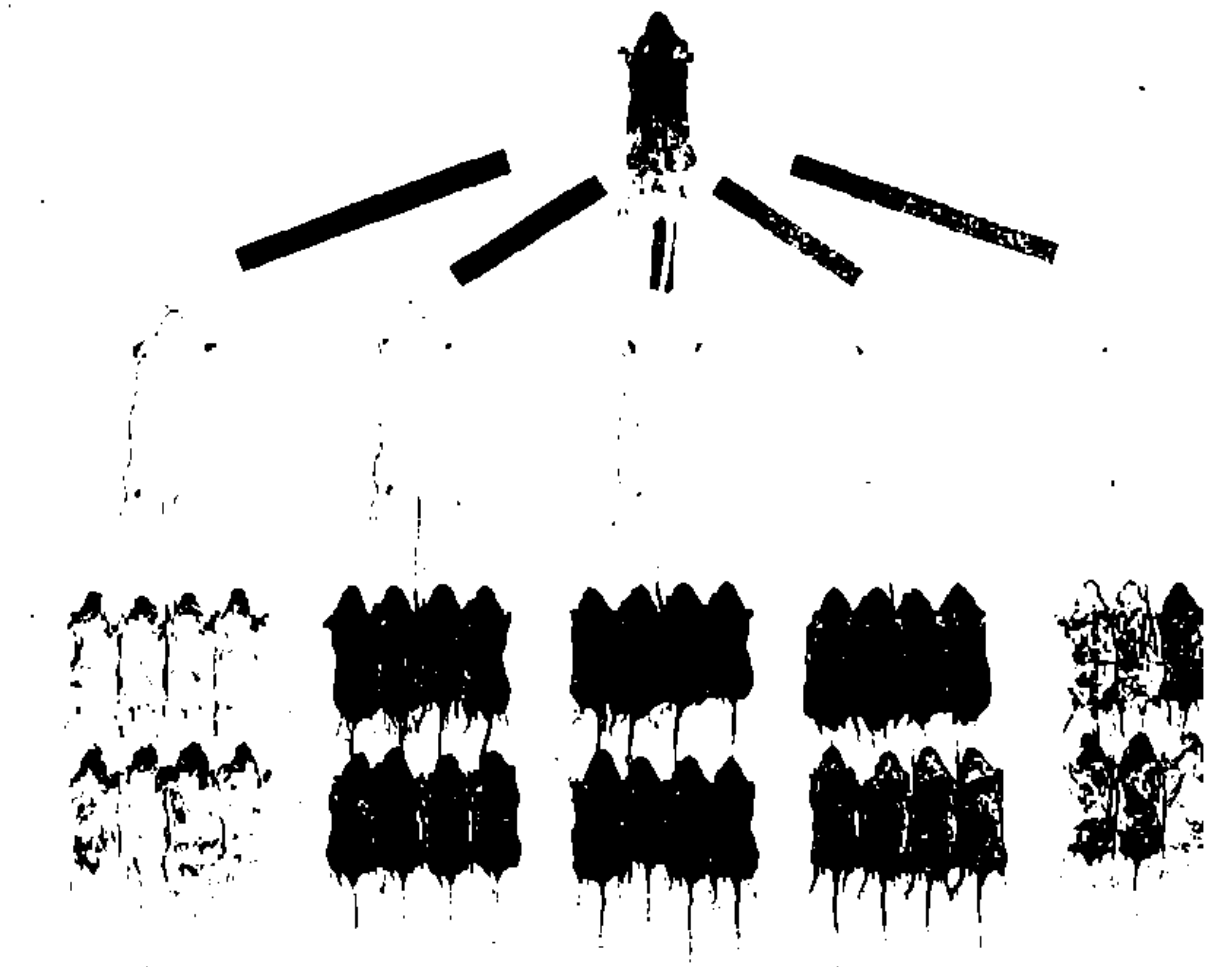
وفي مركز النموذج (الشكل المقابل) ، يوجد السنتروسوم كما توجد النواة . والسنتروسوم المؤصل ، هو الذي يحفز على انقسام الخلية . وتتطلب طريقة التوانقسام الخلية إلى قسمين . وتحتوي النواة على الكروموسومات ـ وهي الأجسام التي على هيئة الحبال الملتوية ـ التي بدورها تشتمل على (د ن أ) ، الذي هو (شفرة) الوراثة . وقبل أن تنقسم الخلية البشرية ، يتضاعف عدد ما فيها من الكروموسومات . بحيث تحتوي كل خلية من الخليتين بعد الانقسام (الإبنتين) ، على مجموعة من الكروموسومات عددها ٤٦ ، كما هي الحال مع أبيها . وفي مركز النواة توجد النوية ، حيث يختزن حامض الريبونوكليك المعروف باسم (ر ن أ) أو (RNA) ـ وهو يظهر في الشكل على هيئة كرات حمراء . ويلوح أن وظيفة ر ن أ هي أن يعمل كنمط من أجل عمل البروتين الجديد . ومن فوق النواة ، يحلق شكلان منقبان كجزء من بروتوبلازم الخلية . وفي الخلية الحقيقية ، يملأ البروتوبلازم معظم المسافة التي بين النواة وسطح الخلية . كذلك يحتوي البروتوبلازم على كريات الدهن ، التي تختزن غذاء ووقود الخلية .

يتكون قلب الخلية من النواة وسنتروسوم مؤصل (الشكل المقابل) . وهو ينظم تخليق بروتين الخلية ، وينظم الوراثة ، والطريقة التي تبدأ بها الخلية انقسامها .





نشأت اختلافات الحياة الواسعة على الأرض خلال فترة طويلة جدا من الزمن ، مبتدئة من مجرد بقعة حية واحدة في غاية البساطة ، أو عدد محدود جدا من مثل تلك البقع . وقد أمكن حدوث هذا التنوع وذلك الاختلاف ، نظرا لأن الكائن العضوي لا يكون على الإطلاق صورة طبق الأصل لآبائه . وإنما تحدث خلافات صغيرة تغذي مجرى الحياة في كل جيل . وتحدث من حين لآخر أن يظهر فرد مختلف إلى أكبر حد ، أو متطور تطورا فجائيا . ولا تنجح معظم المتغيرات ، ولكن النادر منها ينتج كائنا معدا أحسن إعداد ، فكفاح من أجل الوجود .



عائلة من الفيران ، تبين كيف يمكن أن تختلف الذرية وتتباين عن الوالدين ، فأب واحد لونه رمادي (أعلى اليسار) ، وخمس أمهات بيضاء اللون (النصف الثاني) ، أنتجت صغارا (النصف الأسفل) ذات ألوان مختلفة . والسبب في مثل هذه التغيرات البسيطة ، هو أحد كروموسومات الأبوين زوجا زوجا ، وخمس السبب هو ظهور ألوان جديدة .

تطور بعض أنواعها بسرعة (بالطفرة) : لقد ظهرت البعض الدليل على تأثير الإشعاع على الكائنات الحية (الشكل المقابل) . فنبات البنفسج كانت له أوراقه وأزهاره الطبيعية ، على غرار تلك المبينة في المركز ، ثم عرض لأشعة إكس الحادة . وكل الأوراق والأزهار المختلفة التي نراها من حول النبات ، هي طفرات نجمت عن تلك الأشعة .

الأرض المتجمدة بعد مضي ٥٠ ألف مليون سنة من الآن، ستصبح خالية من الحياة . وسوف يقترب القمر ، وتخبو الشمس وتموت . أما الإنسان، فسوف يكون قد انقرض ، مالم يكن قد نزح إلى كوكب آخر .

٧ مصير غير معلوم

لم نسمع في قصص الأقدمين عن كهان أو منجمين ، أتوا من الخوارق ما يأتي به علماء اليوم، عندما يسجلون توقعاتهم عن مدى ترنح ناطحة سحاب وقد هزتها الأعاصير ،حتى قبل أن يرتفع ذلك البنيان على قواعده ، أو عندما يرسمون مسار سفينة فضاء ، وهي ما زالت على قاعدة الانطلاق ،أو عندما يصنعون خواص سبيكة ، لم يتم تصنيعها بعد ،أو عندما يقدرون مدى حيوية نبات أو حيوان مهجن ،قبل أن تتم عملية التهجين ،أو عندما يحسبون قوة انفجار قنبلة جديدة ،ما زالت في دور التصنيع . ومع ذلك، فإن هذه الخوارق تتضاءل وتتكمش وكأنها لعب الأطفال ، بجانب محاولات بعض المشتغلين بالعلوم النظرية الآن التنبؤ بالتغيرات التي يمكن أن تطرأ على كوكبنا هذا في البر والبحر والجو ،وذلك لأن ما قد يحدث لناطحة سحاب ،أو لقنبلة ، أو لصاروخ ،إنما هو عبارة عما تتضمنه كل منها في حد ذاتها من سلسلة متصلة من الأسباب والنتائج ،أو (العلة والمعلول) . ولكن أكثر العمليات الطبيعية التي تجري على أرض ليست مستقلة بذاتها ، بل إنها تخضع لعوامل خارجة عنها لا حصر لها ولا عد ، فمثلا الجو في لوس أنجلوس ، لا يمكن التنبؤ به بدقة إلا لجزء مرتبط بغلاف الأرض الجوي كله ، وتصريف الجو على هذا النحو ، إنما يتغير ويتبدل بخفة تبعا لعوامل طفيفة ،وآثار ضئيلة ،تنبع من مصادر متعددة لا سبيل إلى إحصائها . ولنضرب مثلا بكمية من ثاني أكسيد الكربون المنبعث من المداخن ، وعدد جسيمات حطام المذنبات التي تجرفها الأرض في مسارها ،

وهى تجرى خلال فضاء ما بين الكواكب ، وزيادة الاحتكاك الطارئ بين الرياح والأرض ،عندما تنمو أوراق الشجر فى الربيع .

وما على الأرض من تركيبات متشابكة مثل الغلاف الجوى ، أو المحيطات ، أو القشرة اليابسة ، كلها يعرفها علماء الرياضة بأنها (أجهزة معقدة) . والأرض وجميع ما فيها من غازات ، وسوائل ، وجوامد ، هى أيضا كيان مركب كأقصى ما يكون عليه تشابك التراكيب . والشمس مع أنها أكبر من الأرض بمقدار ١٠ ملايين مرة ، إلا أنها أبسط منها كتراكيب ، إذ أنها غاز محض ، وحتى الكون أبسط من الأرض ، مع أنه حتما يضم حوالى الآلاف المؤلفة من ملايين الكواكب نظيرة الأرض . ولكن هـذا التعقيد أو التشابك فى تركيب الأرض أو الشمس أو حتى أية مجرة ، ليس له أدنى تأثير على القوى التى تشكل الكون الفسيح . فما يحدث على الأرض ، لا يكون له أى أثر على تطور الشمس ، وما يحدث على الشمس ، ليس له كذلك أدنى أثر على تطور المجرة التى تتبعها ، لأن الشمس عضو فى هذه المجرة ، وواحدة من بين مائة ألف مليون نجم فى ذلك المجتمع . ولكن تطور الكون يؤثر على المجرة ، وتطور المجرة يؤثر على الشمس ، وتطور الشمس يؤثر حتما على الأرض ، وفى الإمكان التنبؤ بالمصير النهائى للأرض بغاية الدقة ، لأن ذلك يعتمد على نظام الكون بصفة عامة ، وهو نظام رياضى بسيط . ولكن المستقبل القريب مليء باحتمالات كثيرة لا يمكن إنكارها ، كما لا يمكن التكهن بها بصورة حتمية .

ويأمل العلماء أن تنزاح بعض القشارة عن أبصارهم ، فتتضح لهم رؤية المستقبل . ففى سويتلاند بولاية ماريلاند بالولايات المتحدة ، جماعة من علماء الأرصاد الجوية التابعين للحكومة الأمريكية ، يستعينون بالعقول الإلكترونية لمعرفة الطقس يوما بعد يوم ، على أساس نموذج للغلاف الجوى بأسره ، وهو نموذج خشن يستنبط رياضيا بطرق مضنية . وهم كذلك يدخلون دوما التحسينات فى معادلاتهم وفى النتائج التى يحصلون عليها ، وذلك بعد أن بدأوا يستغلون المعلومات التى يحصلون عليها من الأقمار الصناعية الخاصة بالأرصاد الجوية ، ويراودهم الأمل فى أنه سوف يكون فى مقدورهم فى النهاية عمل التنبؤات الجوية بعيدة المدى الخاصة بالمناخ . وذلك كما يعملون الآن تنبؤات جوية قصيرة المدى عن الطقس . وقد تمتد فترة تنبؤاتهم فى المستقبل عبر الشهور والسنين . بل حتى عبر القرون ، فيتنبؤون بالتغيرات المنتظرة فى العالم ، والخاصة بدرجة الحرارة ، وارتفاع المحيطات ، وتحركات الثلوج . وفى حالة نجاحهم ، وبقدرتهم على تحديد تواريخ الفيضانات والمجاعات قبل وقوعها ، فقد يكون فى هذا نوع من سلب الإنسان متعة العيش فى عالم يزخر بالمفاجآت ، ولكن ذلك سوف يمنح الشعوب فرصة التأهب لكوارث الطبيعة ، كما أنه قـد يؤدى إلى تضافر الشعوب جميعها ، من أجل التحكم فى الجو على نطاق دول .

وبما أن للجو أهميته الحيوية للصناعة والتجارة ، فقد حظى بالقسط الأكبر من الاهتمام فى الدراسة . ولكن جماعة من كبار العلماء الذين يدرسون الأرض ، يكلمون كذلك ويكدحون لقياس قوى التغير الأخرى وتحليلها وربطها ، ليعرفوا مدى تأثيرها على مستقبل الأرض . وقد لا يمر شهر حتى يكشف واحد من العلماء عن عوامل كانت مبهمة ، وتكون النتيجة عودة الغموض إلى ظاهرة أرضية . كما نظن أن تفسيرها الذى كان لدينا هو الكافى والشافى ، فبعد أن صاغ لنا نيوتن نظرياته عن المد والجزر فى المحيطات ، أضاف علماء الطبيعة المحدثون مدا وجزرا فى الهواء ، تتحكم فيهما الشمس والقمر . ثم هناك المد والجزر فى اليابسة نفسها ، فقد ترتفع القشرة الأرضيـة الصخرية بوصتين أو ثلاث ثم تنخفض ، كما أن هؤلاء العلماء أضافوا إلى دوران الأرض حول محورها — وهو أمر كنا نعرفه ببساطة — الاهتزاز والترنح ، ثم زادوا على شعاع الشمس المرئى وأشعة النجوم ، طيفا كاملا من الأشعة الكونية ، وموجات الراديو ، والأشعة تحت الحمراء ، والأشعة فوق البنفسجية ، وأشعة جاما ، والأشعة السينية ، ثم أنهم بحثوا فى فضلات من أنواع المـادة التى جاءت من نجوم انفجرت فى غياهب الفضاء .

وقد تمضى عشرات السنين قبل أن يتم تنسيق كل هذه المعلومات ، ووضعها فى إطار موحد ، يعطى صورة صادقة لهذه الأرض الجبارة ، إذ أنه ليس هناك عالم واحد يجمع شتات جميع هـذه الثروة من

الحقائق ، وكلها تحتاج إلى تفسير . فمثلا نقص الأوكسجين فى المحيطات بمقدار ١٢ ٪ منذ سنة ١٩٢٠ ، ولا أحد يعلم لذلك من سبب . وينخفض مستوى المحيطات فى نصف الكرة الشمالى ثمانى بوصات كل ربيع — دون أن يحدث ارتفاع مقابل لذلك فى نصف الكرة الجنوبى — ولا يعرف أحد كذلك اين يذهب هذا الماء ، والحقيقة أن الطبيعة الأرضية علم ناشيء ، وأمامه فى المستقبل الكثير من الكشوف الشيقة ، فحتى سنة ١٩٤٨ ، لم يكن مقدار انحناء سطح الأرض فى أوروبا معروفا ، حتى إن الخرائط التى كانت تعمل لكل دولة على حدة ، لم يكن من المستطاع التأمها (أو انحامها) . فكانت الخرائط المعدة فى السويد ، تختلف عن تلك المرسومة فى الدانيمارك بمقدار ١٠٠ متر . وكان الفرق بين خرائط انجلترا وفرنسا ٢٠٠ متر . وحتى الآن ، وبعد أن أدخلت أقمار الفضاء الكثير من التحسينات على دقة مقاييس الأرض ، ما زال المهندسون الأمريكيون لا يعرفون بالضبط اتجاه الكرسلين ، ولو قدر لهم أن يصوبوا نحوه قذائفهم ثم يطلقوها ، فإن تقديرهم قد يبعدهم عن أصل الهدف بمئات الأمتار ، ناهيك بالأخطاء الأخرى الناجمة عن انحرافات أجهزة الدفع فى تلك القذائف .

ومع أن علماء الطبيعة الأرضية المحدثين مقيدون بالشكوك الكمية ، والالتزامات التحليلية ، فإنه ما زال فى إمكانهم القيام بعدد من التكهنات الكيفية المؤكدة عن المستقبل القريب للأرض ، إذ يقولون إن القارتين الأمريكيتين اللتين برزتا من المحيط عن نواتين هما كتلة كندا وكتلة البرازيل ، سوف يستمر نموهما ، وتضيق (حلقة النار) البركانية التى تحيط بالمحيط الهادى ، فتبرز جزر جديدة ، ثم تنضم هذه الجزر إلى القارتين . ومن المرجح أيضا أن يستمر امتداد كاليفورنيا والمكسيك نحو الجنوب الغربى ، مع الارتكاز على الهضاب والقمم العالية تحت مياه شرق المحيط الهادى . وقد تعود ألاسكا إلى كتلة سيبريا بمعاونة براكين جزر الألوشيان ، وتعود بذلك القنطرة الأرضية التى عبر عليها فى العهود السحيقة الإسكيمو ، والهنود الحمر ، وحيوان الماستادون . وقد تصبح الجزر البريطانية جزءا لا يتجزأ من القارة الأوروبية ، كما تندمج تاسمانيا وتيرا دلفويجو بالقارة القطبية الجنوبية ، فينقطع بذلك الطريق البحرى الجنوبى ، الموصل بين المحيط الهادى والمحيط الأطلنطى ، على أنه قد يهبط برزخ بناما ، فيكون ممرا ماليا جديدا بين المحيطين . ومن الناحية الأخرى قد يغوص برزخ بناما مكونا قناة جديدة ، وإذا استمرت جزر الهند الغربية فى الارتفاع ، فمن المرجح أن يتحول البحر الكاريبى إلى بحر داخلى مغلق ، كما قد تضم كتلة اليابسة الآسيوية إندونيسيا وحتى استراليا إليها ، فتعود بذلك القنطرة التى عبر عليها أسلاف الكنجرو والبلاتيبس إلى (الجنوب) منذ مئات الملايين من السنين .

ومع نمو القارات واتساعها ، وانتشار صخورها الجرانيتية فوق قيعان المحيطات ، حدث حتما أن أبطأت عمليات نمو الجبال . ولا يمكن أن تبقى الحرارة الناجمة عن النشاط الإشعاعى ، والتى هى المصدر الرئيسى للطاقة فى عمليات بناء تضاريس الأرض اليوم ، إلى ما شاء الله . ولقد تم بالفعل تحلل العناصر ذات النشاط الإشعاعى قصير المدى ، وبردت تلك العناصر ، أما الثوريوم ، واليورانيوم ، والبوتاسيوم الذى عاش طويلا ، فكل منها لا يزال يعطى تقريبا من الحرارة ، ما يكفى لبقاء القشرة الأرضية غير مستقرة ولا ساكنة . ولكن نظرا لأن أنصاف حياتها مجتمعة تصل إلى نحو خمسة آلاف مليون سنة ، فإنها من المحتمل سوف تبقى نحو نصف ما على الأرض من جبال على وجه التقريب بعد مضى ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة من الآن . وهذا من شأنه أن يعطى عوامل التعرية مجالات أطول للنشاط ، خلال الفترات المتعاقبة لتكوين الجبال . وكذلك يجعل تضاريس الأرض أكثر انبساطا ، وأقل تنوعا منها الآن . أما عن المحيطات فإنها سوف تزداد عمقا ، ولكنها تغمر الرصيف القارى العريض ، وتفيض على اليابسة ، ولو قدر للجنس البشرى أن يبقى حتى ذلك الحين ، فقد يبنى السدود الجبارة على حافة الرصيف القارى ، ويزيح بذلك مياه المحيط بعيدا ، فلا تغمر إلا الأعماق .

وبمرور العصور ، ومع بسط سطح الأرض أو تسوية تضاريسها تدريجيا ، سوف يخلى الناس والبهائم بقفزات من عصور الجليد ، والجنس البشرى الآن يعيش إما فى آخر عصور الجليد فى عصر البليستوسين ،

و فى فترة الهدنة بين رابع عصر وخامس عصر جليدى . ويبدو أن خلاصة الشواهد تدل على أن العصر الحالى هو فترة بين عصرين من عصور الجليد ، ومع هذا فالصورة غير واضحة ، فحتى الماضى القريب ، كان على العلماء المتخصصين فى عصور الجليد أن يعتمدوا على مقاييس محلية تفتقر للدقة ، مثل تحركات الثلاجات القريبة من الخنادق السويسرية ، أو مقدار عمق طبقات الطمى فى قاع البحيرات. أما الآن ، وبعد قياس مرور الزمن بالطاقة الإشعاعية ، بدأ هؤلاء العلماء فى فرز الحقائق من الأباطيل ، وفى جمع سجل صحيح لتاريخ عصور الجليد .

أما أعجب عملية الكشف بالنظائر المشعة بالنسبة لعصور الجليد ، فهى تلك التى يقوم بها الكيميائى هارولد يورى ، الحائز على جائزة نوبل ، وجماعة من تلاميذه ومعاونيه فى جامعة شيكاغو . فقد تمكنت جماعة يورى من تحديد درجة حرارة مياه البحر ، التى كونت فيها الرخويات والبروتوزوا حجارتها الصلبة ، وذلك عن طريق قياس نسبة كمية النيتروجين من النظائر المشعة للأوكسجين فى حفريات القواقع البحرية . ولحساسية هذا المقياس ، لم يتمكن يورى من تجهيز الآلات التى تقوم به إلا بعد أربع سنوات . وقد بلغ من دقة هذه الآلات وإتقانها ، أنها تحدد بالضبط الفصل من السنة الذى ولد فيه المحار البحرى ، وعدد السنين التى عاشها . ويتطبيق هذه الطريقة على حفريات المحارات التى تكونت فى الثلاثمائة ألف سنة الماضية ، وجد زملاء يورى أن درجة حرارة مياه المحيطات أثناء الدورة الثلجية الحديثة ، ومدتها ٤٠ ألف سنة ، كانت تزيد أو تنقص ١٠ درجات فهرنهيت (٥,٦ درجة مئوية) . وهذه الزيادة أو هذا النقصان ، كانا يضاهيان حركة المد أو الجزر فى الثلاجات على اليابسة .

وهذه الدورة الحرارية التى اكتشفها فريق يورى ، فيها تأييد لنظرية قديمة عن عصور الجليد ، افترضها عالم الطبيعة الصربى ميلوتين ميلانكوفتش ، فى العشرينات من هذا القرن . وقد حسب ميلانكوفتش أثر تزحلقات الأرض الكثيرة عند دورانها حول نفسها ، وانحرافاتها عن مدارها عند تتابع الفصول ، فوجد أن كل ٤٠ ألف سنة ، تتضافر الظروف على تهيئة صيف غير دافئ ، وشتاء بارد نوعا فى المناطق القطبية ، فلا يذوب إلا القليل من الثلوج فى فصل الصيف ، وينساقط الجليد فى الشتاء بكثرة على هذه المناطق ، وعلى قمم الجبال العالية فى المناطق الأخرى ، فتتكون الثلاجات وبكثر عددها .

وفى نظرية ميلانكوفتش تفسير لسبب تذبذبات درجات الحرارة فى عصور الجليد ، ولكنها لا تفسر السبب فى نشوء تلك العصور بادئ ذى بدء . وفى معظم العصور الجيولوجية ، كانت المناطق المعتدلة تحظى بمناخ لطيف تحت مدارى ، مما جعل أشجار النخيل تزدهر فيها . وتترك حفائرها فى مناطق لا تبعد أكثر من ألف ميل عن القطب الشمالى ، وتقدر مجسة يورى أنه خلال الثلاثين مليون سنة المنصرمة ، بدأت درجة حرارة مياه المحيطات العميقة فى التناقص بانتظام ، فانخفضت من ٧٠ درجة فهرنهيت (حوالى ٢١ درجة مئوية) فى أواخر عصر الديناصور ، إلى مجرد ٣٦ درجة فهرنهيت (٢ درجة مئوية) فى مطلع عصور الجليد منذ مليون سنة .

وهناك نظريتان لتفسير تلك البرودة الزاحفة ، التى أدت بالمناطق المعتدلة من الأرض إلى حافة التثليج ، فترى الأقلية من العلماء أن الشمس قد تناقص ما ترسله من حرارة فى الثلاثين مليون سنة الماضية . ولكن جمهور الفلكيين ينكر هذا الاحتمال . ويشعر عدد من علماء الطبيعة الأرضية ، أن هذا التبريد الكبير مرتبط حتما بحادث آخر له أيضا خطره ، وقد وجدوا دليلا على ذلك فى الأرض نفسها ، وذلك هو تحركات الأرض ، وتغير جغرافيتها بالنسبة للقطب المغناطيسى والقطب الجغرافى المرتبطين أشد الارتباط . فالحفريات المتبلورة (إبر البوصلة) فى القشرة الأرضية تشير إلى أنه منذ ٥٠٠ مليون سنة مضت ، كان القطب الشمالى تقريبا فى جزر هاواى ، ومنذ ٣٥٠ مليون سنة مضت كان بالقرب من اليابان ، ومنذ ذلك العهد تنقل عبر المحيط الهادى الشمالى ، حتى انزوى فى المحيط الذى يعرف الآن بالمحيط المتجمد الشمالى . وفى نفس الوقت ، تنقل القطب الجنوبى من مكانه فى المحيط الأطلنطى حتى وصل القارة القطبية الجنوبية ، فتحولت بذلك من قارة تحت مدارية تزخر بالنباتات المخضرة اليانعة وطبقات الفحم ، إلى بيداء جليدية .

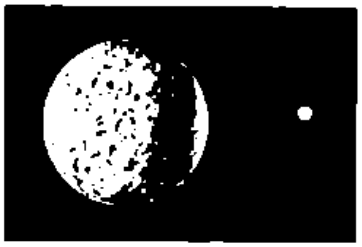
وما يسميه الناس بتحول القطب – هو في الحقيقة انتقال مادة الأرض بالنسبة لمحورها الذي يظل ثابتا، وذلك كما يحدث في التفاح المسكر المحمول على عود – هذا التنقل الملحوظ للقطب تفسره إحدى مدارس النظريتين ، بأنه تعديل تمليه الضرورة : حين ترفع الحركات الأرضية سلاسل جديدة من الجبال شمال خط الاستواء أو جنوبه ، وتسبب هذه الجبال الجديدة اختلالا في التوازن ، ولا تستوي الأمور حتى تعيد الأرض ترتيب نفسها : فيحدث توازن أفضل بين الجبال الناشئة ، وبين توزيع كتلة اليابسة في نصف الكرة المقابل .

وقد يكون تحول القطب هو السبب في عصور الجليد ، ومرجع ذلك إلى أنه يقلل من اكتساب الكرة الأرضية لطاقة الشمس الحرارية ، وذلك بتغيير مساحات داكنة من اليابسة ، من شأنها امتصاص الحرارة إلى مساحات مغطاة بالجليد ، من شأنها أن ترد معظم الأشعة والحرارة . وما دام أن موقع قطبي الكرة الأرضية في مياه المحيط الهادي أو المحيط الأطلنطي ، فإن ذلك من شأنه التقليل من تراكم الجليد ، وذلك بسبب الدفء النسبي للماء ، وكمية البخار في المحيطات ، التي تبعث أكثر الجليد المتراكم . ولكن عندما اكتست القارة القطبية الجنوبية ، وكندا ، وسيبريا ، وجرينلاند بالجليد الأبيض ، كان لابد من أن يقل اكتساب الأرض لحرارة الشمس بعد سنة ، ونتج من ذلك أن الأرض كلها ، وبخاصة مخزن حرارتها في المحيطات ، بدأت تبرد رويدا رويدا ، وعندما عجزت المحيطات عن موازنة البرودة المتزاحفة على اليابسة ، أصبحت الثلاجات حرة الحركة ، حسب نظرية ميلانكوفتش في الدراسات الجليدية .

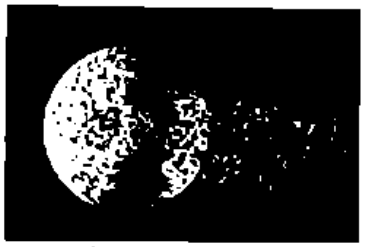
وإذا كانت نظرية القطب المتجول وعلاقتها بالعصور الجليدية أمرا صحيحا ، فيبدو أنه من المرجح ألا تنتهي هذه العصور وتعود بذلك الأرض إلى مناخها العادي غير المتقلب ، إلا إذا برزت سلسلة جديدة من الجبال ، إما في أقصى الشمال أو أقصى الجنوب . وهذه بدورها تدفع القطب إلى المياه مرة أخرى ، وأحسن دليل على ترومبتر نظير الأوكسجين الصدئ ، يشير إلى أنه في الفترة ما بين الثلاجات ، بلغت الأرض أقصى دفء فيما حوالي سنة ٨٠٠٠ قبل الميلاد . ومنذ ذلك التاريخ ، يحدث انخفاض في حرارة الأرض بين الحين والآخر . ويبدو أن هذه التقلبات كان يصاحبها عدد من الأحداث التاريخية الضخمة . فمثلا ذلك العهد الدافئ – أي منذ ١٠ آلاف سنة – جفت الصحراء الكبرى ، فنزح سكان أفريقيا الشمالية وتجمعوا في واحة النيل ، حيث أبدعوا الحضارة . ويبدو أنه كان للنوبات الباردة المتكررة في عصور ما قبل التاريخ ثم في القرون الأولى من العهد المسيحي ، أكبر الأثر في دفع جحافل البرابرة صوب الجنوب الغربي نحو أسوار كنوسوس في جزيرة كريت ، وطروادة ، وروما ، وبيزنطة ؛ وربما كان للجو الدافئ نوعا في سنة ١٠٠٠ ميلادية ، الأثر في تمكين شعب الفيكنج من اكتشاف أيسلند ، وجرينلند ، وأمريكا . ومنذ سنة ١٧٢٠ ، حدث ارتفاع طفيف في درجة حرارة المحيطات . ومع ذلك فليس هناك ما يمنع مطلقا من انخفاضها مرة أخرى بعد وقت قصير ، فقد تنخفض قليلا أو كثيرا ثم تتدهور . كما كان يحدث دائما عند بدء أي عصر من العصور الجليدية الماضية .

ولو قدر للثلاجات أن تزحف إلى الجنوب مرة أخرى خلال آلاف السنين القادمة ، فسوف يكون من المحتوم على سكان الأرض أن يتجمعوا في المناطق الاستوائية وفي المناطق الصحراوية الحالية ، التي سوف تتحول في ذلك الوقت إلى مناطق ممطرة . إلا إذا بذلوا منتهى الجهد والبراعة في تحويل مجاري الجليد ، بعيدا عن المناطق الشمالية للأرض . أما إذا حدث العكس وتزحزح القطبان – كما أسلفنا – أو زادت طاقة الشمس الحرارية ، فستنقضي بذلك عصور الجليد إلى غير رجعة . وفي هذه الحالة ، تنطلق تلك الكميات الهائلة من المياه المحبوسة في الثلوج المتراكمة في جرينلاند وفي القارة القطبية الجنوبية ، فيرتفع بذلك مستوى المحيطات بمقدار ٧٠ إلى ١٠٠ متر ، وفي هذه الحالة ، يكون على البشر كذلك إما أن يهاجروا ، أو يبذلوا الطاقات الهائلة من الجهد والتفكير . ويكون الخيار أمامهم إما الارتحال من مناطق السواحل الحالية ، وموانيها الكبيرة التي تكون قد غمرت تماما بالمياه في ذلك الوقت ، أو – لو كانت لديهم حينئذ الكفاءة التكنولوجية المناسبة – إحاطة كل سواحل أوروبا وأمريكا بأسوار جبارة من السدود ، التي تمتد آلاف الأميال .

مستقبل القمر كما تقول إحدى النظريات مبين في هذه الأشكال : في أعلى ، القمر لا يزال يجري في مساره المعتاد حول الأرض ، ويظهر على ما هو عليه اليوم ،



بعد مضي عدة آلاف ملايين السنين ، سوف يبتعد القمر عن الأرض متجها نحو "خلف" تكوين ، ويزداد مداره حتى يعوض النقص في سرعة دوران الأرض حول محورها .



عندما يدور القمر مقتربا من الأرض ، بعد ذلك استجابة لسرعة دوران الأرض الناجمة عن لوى جذب الشمس ، قد يدور من الأرض بدرجة تجعله على الانقسام ، وعلى تأثير أحزانه .

في المرحلة الأخيرة ، سوف تجري من حول الأرض ملايين أجزاء جسم القمر المنقسم على هيئة نوابع صغيرة ، تتولد حلقة على غرار الحلقة التي تشاهد من حول الكوكب زحل .

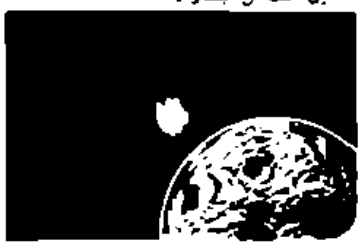
ومن المؤكد أن الإنسان صاحب المصانع والمصانع سوف يعدل دورات عصور الجليد، أو يقضي على هذه العصور نهائيا. ففي المائة سنة الماضية، نفثت مداخن المصانع ٣٦٠ ألف مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في الجو، وما يقرب من هذا المقدار انبعث من التربة التي جردها الفلاحون من الغابات لتهيئتها للزراعة، وسرعان ما امتصت الأوراق الدانية، والكائنات الحية، وبواد أخرى عضوية بعضا من هذا الغاز، أما الباقي فانطلق في الهواء الجوي. فزادت بذلك نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو بمقدار حوالي ١٣٪، وبما أن ثاني أكسيد الكربون في الجو يحتبس الحرارة من الأرض إلى الفضاء، فإن هذا التغير في تركيب الهواء، ربما يكون قد رفع كل درجة حرارة الأرض بمقدار درجة واحدة فهرنهيت (أو حوالي ٠,٥٦ درجة مئوية). وفي سنة ٢٠٠٠ ميلادية، ربما يصل مقدار ثاني أكسيد الكربون المنبعث من المداخن إلى بليون طن، فتزيد بذلك درجة حرارة الأرض كلها بمقدار ٣,٦ درجة فهرنهيت (حوالي درجتين مئويتين). وحتى سنة ٣٠٠٠ ميلادية، يكون ثاني أكسيد الكربون الناتج من دخان المصانع قد تزايد ١٨ ضعفا. وحتى بعد أن تمتص المحيطات كل ما يمكنها امتصاصه من الأبخرة والغازات، فإن ما يبقى يكفي لرفع متوسط الحرارة في الأرض بمقدار ١٢,٥ درجة فهرنهيت (أو ٧ درجات مئوية). وعند هذه النقطة، تنتهي حتما عصور الجليد ولو بطريق غير طبيعي، ويبقى للإنسان، سواء رضي أم كره، المياه الجائشة، التي تندفع بعد أن تذوب الثلوج الدائمة والثلاجات بفعل زيادة الحرارة.

وهذه الجهود المضنية التي قد تفرضها الأرض الشقاة على بني الإنسان، إذا ما حدثت الفيضانات أو دهمهم الجليد، هي في حكم العدم إذا ما قورنت بالتحديات التي قد تأتي من خارج الأرض. وأول هذه التهديدات الخطيرة وفي نفس الوقت أقدمها شأنا، سوف تأتي من الشمس. فالماء والحرور الذي يثيره في اليابسة والماء والهواء، يبطئ بالتدريج دورة الأرض حول نفسها. وفي الوقت الحالي يتزايد وقت دوران الأرض حول نفسها بمقدار واحد على ٢٥ ألف مليون من الثانية كل يوم، ويبدو أن هذا المقدار ضئيل جدا، ولكن بعد خمسة آلاف مليون سنة، يصير يوم الأرض ٣٦ ساعة، إذا استمرت هذه الرياح التي نعتبرها خفيفة في مدة الدوران. ولابد أن يكيف الإنسان نفسه ومحاصيله لكن تفعل نفس الشيء بالنسبة لنهار حار يستمر ١٨ ساعة، ثم ليل بارد يستمر نفس الوقت. ولكن أثر ذلك التغير على الجو خصوصا عندما يكون هو السبب في نشوء أعاصير التورنادو والأعاصير الاستوائية. سيكون محمة لمكونات وصنصاحب إبطاء الأرض في الدوران حول نفسها ظاهرة ثانية، ذلك أن القمر نتيجة لارتباطه بالأرض عن طريق الجاذبية، سيتبع مداره حول الأرض بسبب إبطائها، ويتباعد ويحتاج دوره بالتدريج، وفي الوقت الحاضر، يتباعد القمر عن الأرض بمقدار قدم واحدة كل ثلاثين سنة، ولكن هذا المعدل سيقل عندما يبتعد القمر، لأن الشمس في هذه الحالة تتدخل بمفعولها المضاد. وتوالي التسخين ثم تبريد جو الأرض بأشعة الشمس، من شأنه أن يزيد من سرعة دوران الأرض حول نفسها. أما عندما يضعف جذب القمر للأرض بسبب ابتعاده، فإن أثر الشمس في الإسراع من دوران الأرض، سوف يتغلب على أثر القمر في إبطاء هذا الدوران، وحينئذ تزيد سرعة دوران الأرض حول نفسها، فتبدأ في جذب القمر إليها من جديد في مدار أقرب، ومن المرجح أن يحدث هذا بعد حوالي خمسة آلاف مليون سنة. عندئذ يكون بعد القمر عن الأرض نصف بعده الآن، وعند هذا الحد في مستقبل القمر، تتغير الشمس نفسها، فتتحول من اقتراب القمر نحو الأرض، ثم تتدخل في تصور الأرض بشكل خطير، مما يجعل أي تطور في القمر وساره لا قيمة له نسبيا.

والفلكيون يعرفون مصير الشمس، لأنهم درسوا نجوما شبيهة بالشمس من قبل. وهذه النجوم أقدم من الشمس، فامكنهم بذلك معرفة مصير النجم عندما يفقد وقوده النووي الذي يجعله يضيء. وعندما يصير نجم في مثل كتلة الشمس ١٥٪ من غاز الأيدروجين الذي يكون كتلته الأصلية إلى هيليوم، بنفس طريقة تفاعل القنبلة الهيدروجينية، فإن رماد الهيليوم الموجود في لبها، يشتعل في سلسلة تفاعلات نووية جديدة، أكثر استمرارا، ونتيجة لذلك، يبدأ النجم في إطلاق الطاقة بزيادة مطردة، وفي أثناء ذلك يتزايد حجمه ويكتسي بحمرة الدم.

سوف يستغرق الشفق الشمس العديد من ملايين السنين. وفي أعلى، الشمس وهي على قوتها التي اختلفت بها زمنا، خمسة آلاف مليون سنة، وسوف تظل على حالها مدة أخرى قائلة.

يتكون الهيليوم في لب الشمس، ويتمددها خلال أكثر من خمسة آلاف مليون سنة، تصبح الشمس خلال أحمر اللون، وتحول محيطات الأرض إلى بخار من البخار.



وبعد أن تظل خلال أحمر اللون مدة نحو ألف مليون سنة، تروح الشمس منكمشة إلى حجم متواضع، ولكنها تكون في حالة الاحتضار آنئذ، وتظل لمعانها، وتغلي ويغلي بطء.

وبعد مضي نحو ١٥ ألف مليون سنة من الآن، تصير الشمس قزما أبيض اللون، يكاد ينطفئ لهيبها. وعندما تتقلص أكثر وأكثر، تصبح الأرض بدورها كتلة مظلمة متجمدة.

وبعد خمسة آلاف أو ستة آلاف مليون سنة، سيتزايد حجم الشمس، حتى تملأ أكثر الفراغ الذى بينها وبين عطارد، وهو أقرب الكواكب لها، وفى قمة قوتها الجبارة، سوف تكبر ويزيد حجمها، حتى إن عرضها سوف يغطى ربع من القوس الممتد من أفق إلى أفق آخر، وسوف يسبب هذا التدفق فى الطاقة من الشمس، ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى حوالى ١٠٠٠ درجة فهرنهيت (أكثر من ٥٠٠ درجة مئوية)، وفى هذه النار الحامية، ينصهر الرصاص والزنك، وترى الغيطات وكأنها سحاب مركوم من بخار الماء، أما الكبريت فيغلى على سطح الأرض. كما ورد فى الكتاب المقدس.

وبعد هذه القمة القاتلة من التطور فى حياة الشمس، تبدأ فى الانكماش تدريجيا، ويعود السماء فيغرق الأرض مرة أخرى، وتظل الشمس لبضع مئات الملايين من السنين تشتعل بلون أزرق. تحول البقية الباقية من وقودها النووى إلى عناصر معدنية. والشمس خلال فترة شيخوختها، قد تمر بمراحل من عدم الاستقرار، تتعرى فيها عن بعض طبقاتها الخارجية، فيفث جوفها المستعر كميات ضخمة من الأشعة السينية وأشعة جاما. وفى النهاية تستهلك ما بقى من طاقتها النووية وترقد فى خمود أبدى. وحينئذ تتجمد مياه الأرض وتتحول إلى غطاء دائم من الجليد، وكلما بردت الشمس انكمشت تحت تأثير ثقلها، وتستمر فى إرسال ضوء خافت فترة تطول وتطول، ولكن هذا الانكماش لن يؤثر فى دوران الأرض حول الشمس، لأن كتلة الشمس لن تقل بسبب الانكماش، بل تتركز فيها المادة المكونة لها. ولو حسبنا ما تستهلكه، لوجدنا أنه خلال حياة الشمس الطويلة، لن تحول إلا حوالى واحد من ألف من كتلتها إلى طاقة، وهذا يمثل نقصا طفيفا فى الكتلة، ليس من المحتمل أن يسبب إفلات الأرض من عقال جاذبية الشمس. وفى نهاية الأمر، وبعد حياة طولها ٦٠ ألف مليون سنة، تمسى الشمس وقد تم إظلامها، وراحت تجرى لمستقر لها فى الفضاء. وكأنها جثة نجم انكمش إلى درجة من التركيز لا يكاد يصدقها العقل، ويصبح حجمها كحجم أى كوكب. وفى دورها النهائى من الانكماش، تكون فعلا أصغر حجما من الأرض، ولكن كتلتها الجبارة لن تنفك تمسك بالأرض فى مدار من حولها.

وفى دور احتضار الشمس، يقترب القمر فى مداره من الأرض، ويظل هذا الاقتراب مطردا مادامت الشمس محتفظة بحرارتها. ومن المسلم به أنه باقتراب القمر الشديد من الأرض، يزيد التباين بين درجة جذب الأرض لسطح القمر المواجه للأرض، وبين درجة جذبها للجانب الآخر، بدرجة تجعله ينمزق إربا، ويصير إلى قتات، يطحن بعضها بعضا بفعل الاحتكاك المستمر؛ وأخيرا تكون حلقات حول خط الاستواء تشبه حلقات زحل. ولكن النظريين المحدثين بدأوا يشكون فى أن تبقى حرارة الشمس المدة الكافية لحدوث التغيير المشار إليه، ويرون أن الشمس سوف تدخل فى دور احتضارها، قبل أن تسبب حرارتها اقتراب القمر من الأرض بالدرجة تجعله حطاما، ومن المؤكد أن عوامل المد والجزر ستسيطر مرة أخرى، ويتباعد القمر عن الأرض. وكلما زاد ابتعاده، نقص ما يعكسه من ضوء الشمس. وعندئذ تصبح الليالى حالكة الظلام بدرجات متزايدة، ثم يختفى القمر فلا يرى نوره. أما أيام ذلك الحقب البعيد، فلن تتمتع بإشراق الشمس فى آخر أيامها. بل إن أقصى ما يصل إليه نورها. لا يتعدى الليالى المقمرة.

ويفترض العلماء بصفة عامة أن الجنس البشرى لن يبقى حتى يصل نار الشمس المستعرة، أو يشهد نهاية القمر المظلمة، فمتوسط حياة أى نوع حيوانى حسب شواهد الصخور الأرضية، لا يزيد على مليون سنة - ضع هذه المليون بجانب خمسة آلاف مليون سنة قبل أن تتضخم الشمس. وتبدأ فى تلك التغيرات الجبارة التى تصاحب قرب نهايتها، ومع أن المنطق يملى علينا أن الإنسان سوف يتعرض فى نفس المدة، شأنه فى ذلك شأن باقى المخلوقات، إلا أنه قد يبقى رغم ذلك، فبعض الأنواع يقيت بلا تغيير مئات الملايين من السنين. وفوق ذلك، فإن النوع الإنسانى لم يخضع حتى الآن لنفس قوانين التطور التى تعمل باستمرار، وقد سيطر الإنسان على هذا الكوكب، حتى إنه كان السبب فى تغييرات شاملة فى تطور أكثر نباتات البابسة والحيوانات الكبيرة. أما تطوره هو، فقد أفلت من المسارات الطبيعية للتطور. على أن هذا له مساوئه، فإنه لا يشجع

بقاء الأصلح ، لأنه لا يمنع من توالد أفراد بهم عيوب مثل داء السكر الوراثى ونقص الذكاء . أما ميزة ذلك ،فإن هذا التطور لم يعد بعد تطورا جسميا ، بل صار بالتدريج تطورا ثقافيا واجتماعيا .

وتحت هذه الظروف ، لن يتمسك أى من العلماء بأن الجنس البشرى خاضع لنفس قوانين البقاء الطبيعية ،التى كانت سائدة قبل قدوم الإنسان . ومع هذا ،فإن جمهور العلماء يتمسكون بالنظر بعين التشاؤم إلى مقدرة الإنسان على أن يبقى رغم طبيعته المتغيرة . ولا يستطيع أحد الآن أن يجزم بمدى صحة هذا التشاؤم . ولكن من المؤكد أنه إذا أقلع الإنسان فى البقاء رغم إفساده فى الأرض وسفكه للدماء ، فإن بمقدوره أن يبقى حتى بعد أن تجوع الشمس وتنطفئ . وفى هذه الحالة ، قد يجد العدد القليل من المحظوظين من رواد ورائدات الفضاء ،ملجأ وملاذاً فى كواكب تدور حول شموس تشتعل بدرجة أبطأ من شمسنا الدنيا . أما باقى سلالة الجنس البشرى المتخلفة على الأرض . فسيجدون مخرجا أكثر شعبية واقتصادا من هؤلاء القلة المحظوظين .

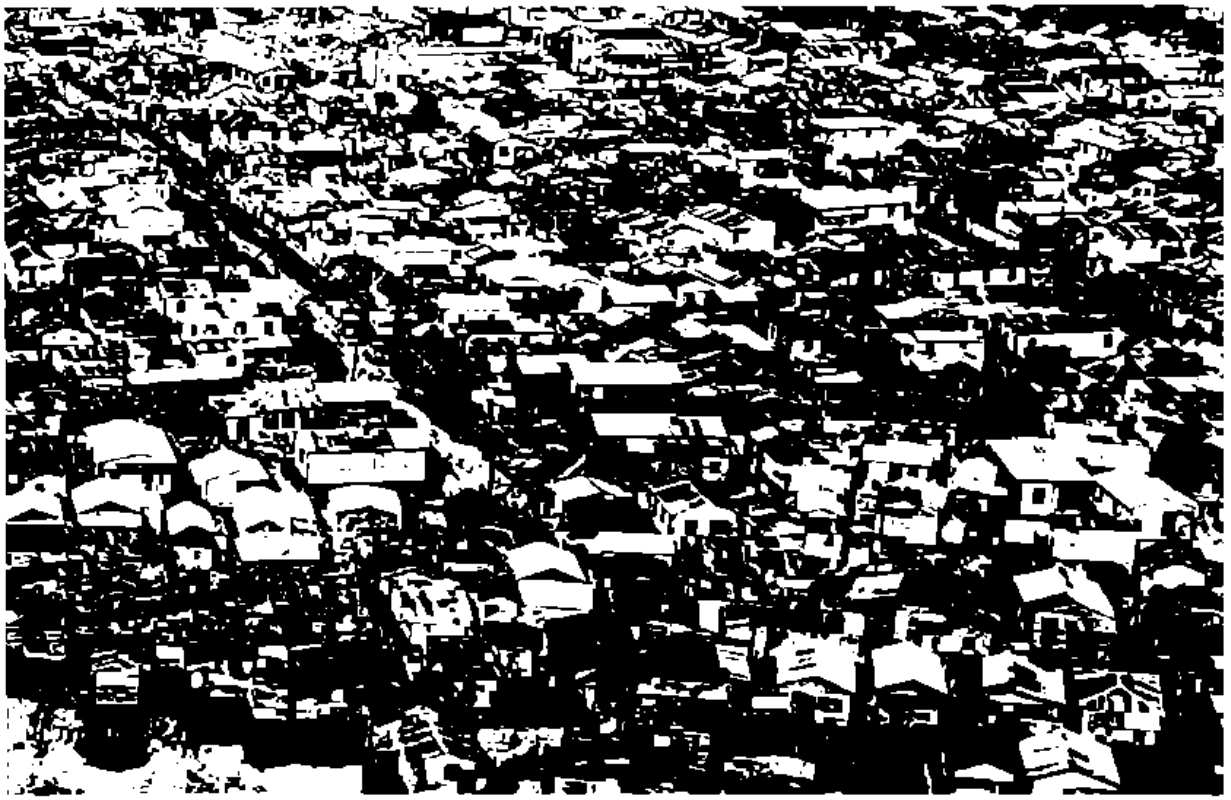
وفى أسوأ الحالات ،لن تنفع الشمس الأرض بحرارتها وبالأشعة الكونية بدرجة يعجز معها ذكاء الإنسان عن تدبير وقاية له منها ، إذ ربما يحدث بعد خمسة آلاف مليون سنة من الآن ، عندما تقترب الحرارة المهلكة من الأرض ،أن يلجأ الإنسان – وقد يتطور إلى مخلوق كبير الرأس دقيق الأطراف – إلى باطن الأرض ، آخذاً معه ما يستطيع من هواء الأرض وماءها ،ويظل الجدار الخارجى من هيئته الضخم الجبار ، يمرايا تعكس القدر الأكبر من حرارة الشمس المحرقة إلى الفضاء الخارجى .

وبعد ذلك ، وعندما تبدأ الشمس فى البرودة ، ربما يستطيع إنسان المستقبل الخروج من كهوفه الصناعية إلى الهواء مرة أخرى ،ويبنى ترتيباته ،استعدادا لليل سرمدى بارد . ولو استطاع أن يحتفظ بنصف كمية المياه الموجودة فى الأرض الآن ،لكان لديه ما يكفى من وقود الأيدروجين لتغذيته ،وذلك بمده بالطاقة التى تمدنا بها الشمس لمدة قد تطول إلى عشرة آلاف مليون سنة . وبما أن معظم الطاقة الشمسية الآن تذهب هباء ، فسوف يستطيع أن يتدبر أمر استغلال الطاقة المتاحة له ، فلا تنفد إلا بعد ١٠ بلايين سنة . ومعنى هذا أن إنسان المستقبل قد يبنى لنفسه فرصة البقاء فى ذلك الوقت ،أطول بمقدار ألف ضعف من المدة التى عاشت فيها الأرض منذ تكوينها حتى الآن . وحتى هذا لا يكون منتهى ما يستطيع تدبيره . فهذا كوكب المشترى به من الأيدروجين قدر ما فى الأرض ١٠٠٠ مرة ،فلو استطاع إنسان المستقبل إنشاء مفاعلاته على هذا الكوكب ، لأمكنه إشعاع الطاقة الناتجة إلى الأرض بحرص ،حتى لا يكاد يضيع منها شئ . والصعوبات الهندسية سوف تكون هائلة . وبالطبع هذا الاحتمال المبنى على مجرد الفروض فى ذلك المستقبل البعيد ، لابد أن يكون مجرد فرض عقلى ،ومع ذلك ،فإن الحقيقة التى لا تنكر ،هى أن العلم لم يجد أى سبب يمنع إنسان المستقبل من مدتطوره الروحى فى المستقبل البعيد إلى ما لا نهاية ،وذلك لو قر رأيه على أن يعيش بصفة مخلوق عاقل مفكر ،لا كمصنع بهيم حائر بين العقل وبين الغريزة .

حام من الصينيين يسد أحد شوارع شنغهاى . لما كان عدد سكان الصين الآن ٧٠٠ مليون نسمة ، فسوف يكون على الصين أن تطعم الف مليون فم حوالى عام ١٩٨١ .

المستقبل المزدحم

أمام العالم ، بلايين السنين قبل أن ينتهى بكارثة سماوية ، ولذلك فعلى الإنسان أن يتعلم إدارة وتسيير دفته بطريقة أحسن ، مخافة أن يجابه مشكلة القضاء على نفسه قبل أن ينضج فكره . والمشاكل الملحة تواجه الجنس البشرى ، ولن تكون مشكلة توفير مكان لمجرد الوقوف هى أقل المشكلات . ولقد رأى الماضى إسرافا واستنزافا لا مبرر لهما فى الموارد ، بينما يشاهد الحاضر البحث والتنقيب عن المزيد من الموارد . أما المستقبل فسوف يكشف عما إذا كنا سنحصل على تلك الموارد فى حينها .



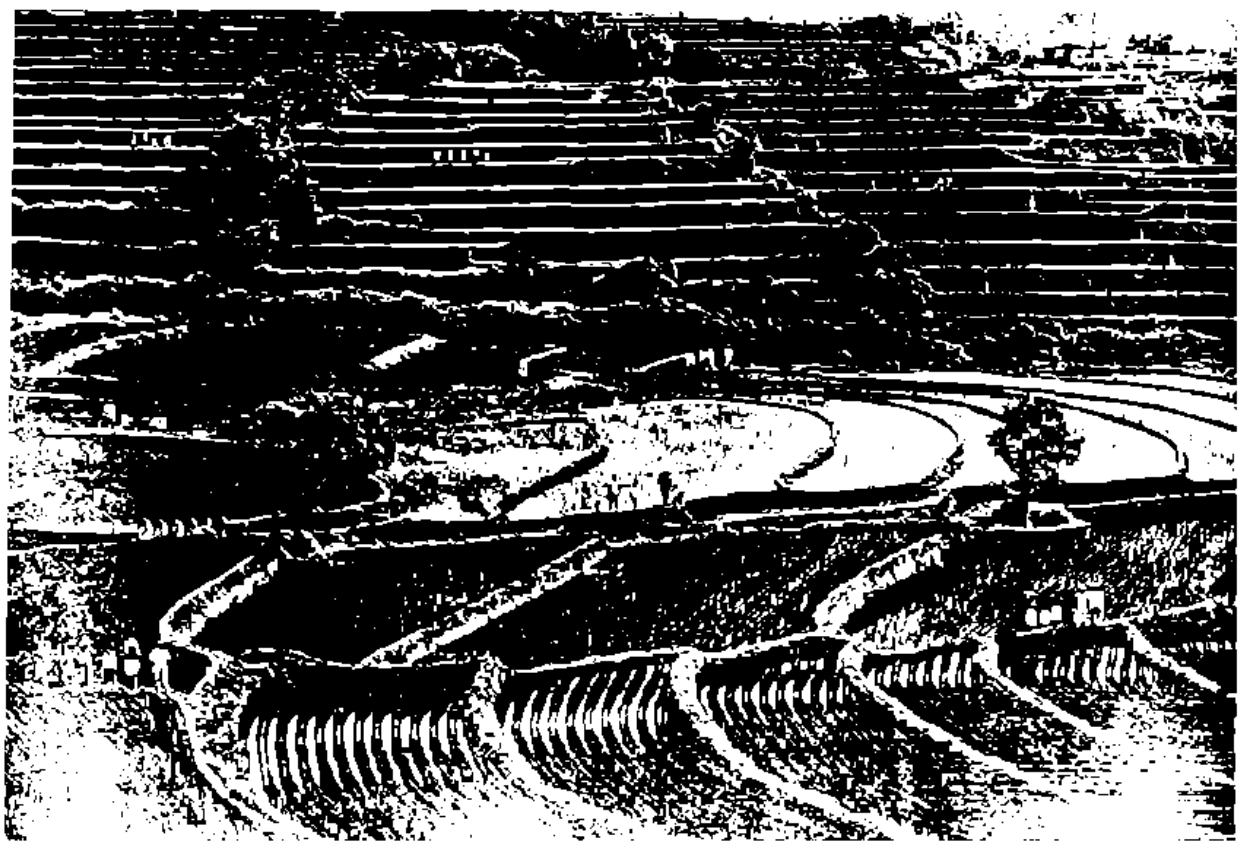
تزدحم كل قطعة من أرض هذا الحي الفقير في بورتوريكو ، الذي يعرف باسم (بركة القطن) ، وتتدفق مستوطنة في الماء في سان ج

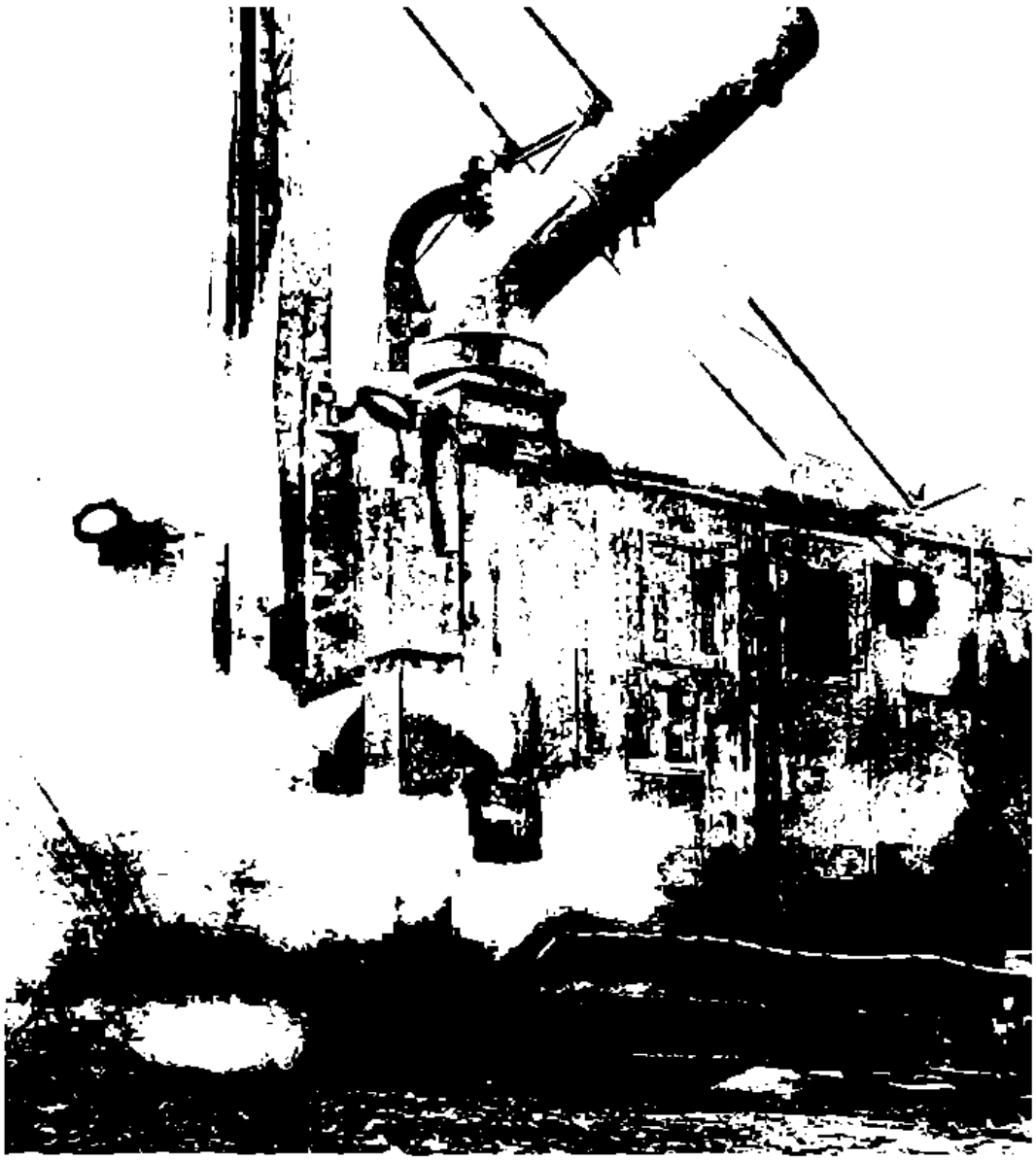
منذ عام ١٧٩٨ ، عندما أعلن توماس مالثس أن مصادر الطعام في العالم سوف لا تفي بحاجة أهل الأرض ، ظل المتشائمون المتطيرون يقولون إن الجنس البشري إنما يتناسل من أجل كارثة . ومقابل كل أربعة أفراد عاشوا منذ ١٠ سنوات مضت ، خمسة أشخاص الآن ، بمعنى أن سكان الأرض البالغ عددهم ٢٥٠٠ مليون نسمة عام ١٩٥٠ ، سوف يقفزون إلى أكثر من ستة آلاف مليون نسمة عام ٢٠٠٠ . ولكن حجج أصحاب مبدأ مالثس (تحديد النسل) ، تقوم على أساس مبدأ أن الأرض لها سعة ثابتة للتكفل بالجنس البشري . ومهما يكن من شيء ، فقد ثبت أن تلك السعة مرنة وقابلة للزيادة والنقصان .

واليوم ، نجد مثلا أن هولندا رغم ازدحامها بالسكان ، استطاعت عن طريق زراعتها بالطرق والوسائل العلمية ، أن تمد كل هولندي بغذاء جيد متنوع الأصناف ، منتج من ثلاثة أرباع فدان فقط . ولو أمكن استخدام قوة الإنتاج الهولندي ، وإدخالها على وسائل الزراعة في المناطق المحتاجة ، لتوفر الطعام لعدد لا يقل عن ٣٠ ألف مليون نسمة . أي عشرة أضعاف عدد أهل الأرض الحالي . وفي اليابان ، حيث تزايد عدد السكان بمقدار ١٣٤٪ منذ عام ١٨٨٥ ، صعد إنتاج الغذاء بمقدار ٣٠٠٪ . وعندما تأخذ المقاييس اليابانية للغذاء والزراعة ، نجد أنه يمكن إنتاج الطعام لعدد لا يقل عن ٩٠ ألف مليون نسمة . وعلى ذلك ، فإن تزايد عدد سكان الأرض ، رغم أنه يحمل بين طياته معاني الكوارث ، يمكن أن يكون وسيلة ناجحة من أجل حمل الإنسان وإرغامه على نبذ طرق استغلال الأرض القديمة العقيمة ، وربما كانت هذه الوسيلة ، هي الوسيلة الوحيدة التي تحمله على ذلك .

حقول مسطحة في اليابان المكتظة بالسكان (إلى اليسار) ، مقسمة بين ١١ أسرة ظاهرة هنا . كل قطعة أرض ٣ أفدنة . وفي اليابان ، يخص كل فرد عشر أفدان من الأراضي المزروعة .

ومالم يتسن تحديد النسل ، فإن وضع مشاريع جديدة لبناء المساكن لمجابهة الانفجار السكاني ، يتضمن أسلم الحلول على المدى القصير .





طريقة حديثة ، من أجل تقليل عدم الحديد من المركبة المنخفضة ، باستخدام طب درجة حرارة نحو ٢٥٠٠ مئوية جراد (٤٥٠٠ فهرنهيت) لاختراق الصلب

الخامات التى لا يمكن صنع بديل لها

تستفيد ثروة العالم المعدنية ، وحتى الولايات المتحدة ، التى هى من أغنى ترسانات المعادن على الأرض ، تواجه نقصا . وفى الفترة من عام ١٩٠٠ إلى عام ١٩٥٠ ، عندما تضاعف عدد سكانها ، صعد ما تستهلكه من المعادن إلى ستة أمثال ، وفى عام ١٩٧٥ ، سوف يكون من المحتمل أن يتضاعف ذلك المعدل . وقد حدث بالفعل نقص شديد فيما يختزن فى العالم من الأساسيات التى على غرار النحاس ، والرصاص ، والزنك . وباستمرار البحث عن موارد جديدة ، يكون من الجلى والواضح أن وسائل البحث والتنقيب واستخراج الخام ، يجب أن تدخل عليها تحسينات عظمى جوهرية لمنع الأسعار من الارتفاع . ولكن نظرا لأن خام الدرجة الأولى فى منيسوتا قد قارب النفاد منذ سنين ، فإن استخراج الحديد من التاكونيت ، ذلك الصخر الصلد الذى فيه خام الحديد ، (الشكل العلوى) ، قد تمت ممارسته . لكن ماذا يحدث عندما ينفد كل الحديد فى العالم ؟ من الجائز أن تحل محله مواد أخرى ، أو ربما يستطيع الناس اصطياد كويكبات الحديد والنيكل التى تهيم فى الفضاء لمد الأرض بها .

نظرة فاحص مدقق : تشيد أكبر حفر العسالم لمناجم الحديد المفتوحة في سيبوتا ، بتتاقص الموارد المحدية . وفي منجم هل - رست - ماهونينج ، الذي كان في يوم من الأيام يعتبر بمثابة المورد الذي لايتضب خامات أغنى

المراتب ، ينتج الآن فقط خامات من المرتبة المتوسطة ، وقد تحليب من اتاكونيت ، الذي هو أصلب صخور العالم . وتساعد الطرق الفنية الحديثة ، على جعل ذلك ممكن اقتصاديا .

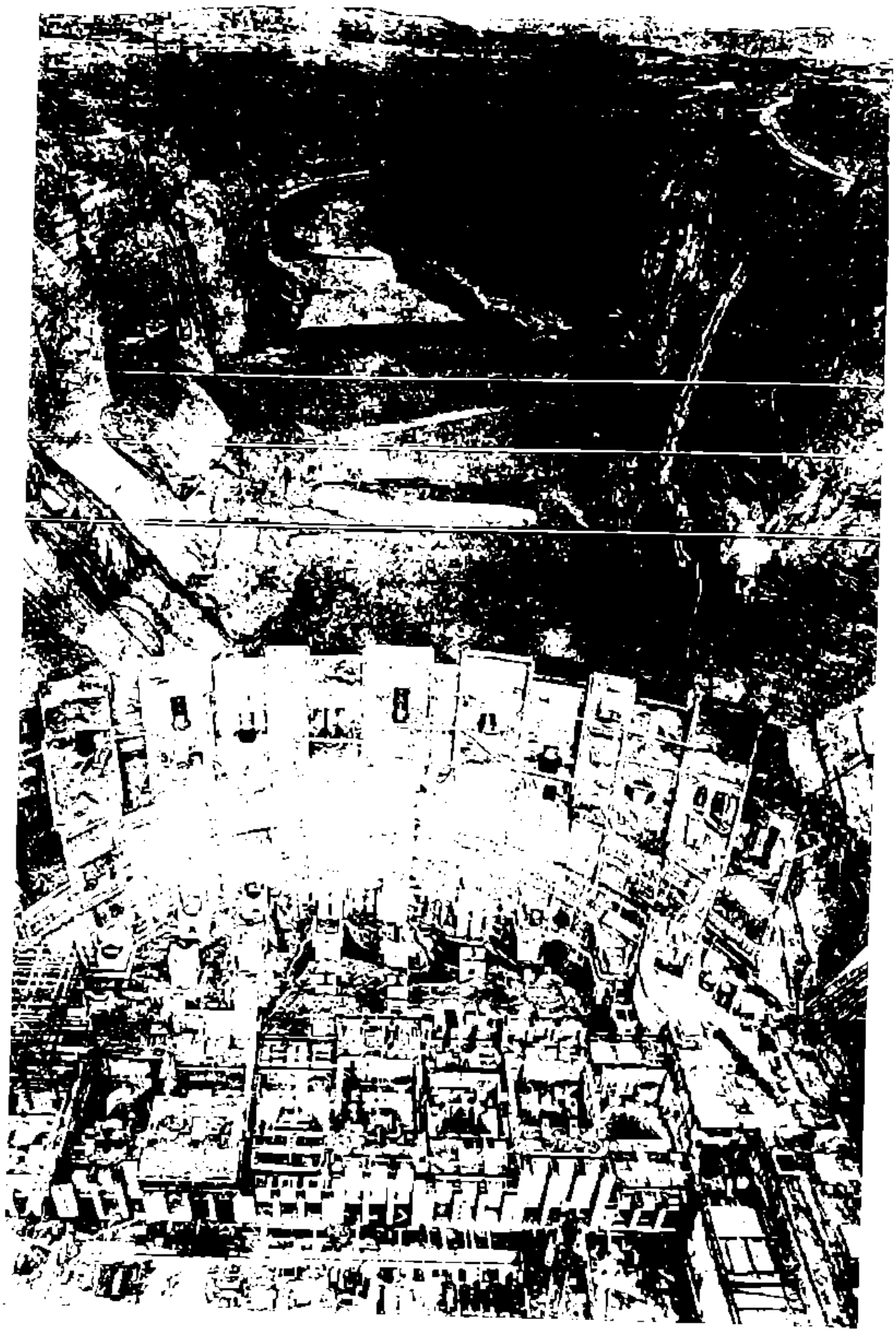
مياه ذات زبد ورغاوى بإحدى مواقف ولاية واشنجتون ، ناتجة عن الفضلات . والتلوث عامل من عوامل التهديد المتزايد فى كل مكان ، على الرغم من أن ملايين الجنيهات تصرف من أجل محاربته ودرء أخطاره .

الماء أهم بل وأثمن مصادر الثروة ، وهو أكثر ما يهدد الإنسان فى غير اكتراث . ففى الولايات المتحدة الأمريكية ، يبلغ استهلاك الفرد للماء ٦٠ جالونا فى اليوم . ومن المرجح أن يرتفع هذا الرقم إلى ٨٥ فى خلال الثلاثين سنة القادمة . ومدينة لوس انجيلوس شربت فعلا ٤٠ لترا فى ٣٢ كيلومترا . تمخضت عن بحيرة جافة . وتلوث مياه الصناعة الأنهار والموانىء بصفة متزايدة (إلى الحين) . فتسبب قتل السمك . ومياه المجارى لها أثرها السيىء فى إضافة القاذورات كذلك : ففى عام ١٩٦١ ، أضافت من التلوث ما قدر بنحو ضعف تلوث الطرق المائية فى الولايات المتحدة . بالنسبة إلى ما اعتبر حدا مسموحا به عام ١٩٥١ .

وحفظ المياه وإعادة استعمالها ، هما بمثابة الجانبة الجزئية لهذه المشكلة . ولكن الأمل الحقيقى للعالم ، يتلخص فى تحويل الماء المالح إلى ماء عذب . وتتراوح المجهودات التى بذلت فى سبيل ذلك ، ابتداء من الآلات الصغيرة ، للتقطير بالشمس ، إلى وحدات التقطير الكبرى العالمية فى الكويت . تلك التى تنتج نحو ٥ ملايين جالون فى اليوم . وفى كثير من المناطق ، تحول التكاليف دون العمل . ولكن عندما تنخفض — ربما باستخدام نوع من أنواع الوقود الحديث الرخيص — فقد ينحى التهديد المزدوج بالجدب والقحط ، ويذهب إلى حيث لا رجعة .

لقية (كنز) من الماء المدخر فى الفلة ، يستخدم فى أثناء موسم الجفاف ، يكبر عن طريق تعبيل لاعه (الصورة العليا) . عشرات الضعاف يتطوعون لهذا الغرض من القرى المجاورة .

مورد ماء هائل لجنوب الغرب الأمريكى ، يوفره سد جلين كانيون (الشكل المقابل) على نهر كلورادو . يكون جدار ارتفاعه ٣٣٣ مترا . بحيرة اتساعها ٤٧٤ كيلو مترا مربعا .



أين يوجد وأين لا يوجد الماء في الولايات المتحدة العطشى

وتشبع . بها المناطق الملونة باللون الأزرق هي المناطق الصبة باستمرار . وكلما ازداد اللون الأزرق غمقا ، كلما ازدادت تبعا لذلك كميات المياه . ويبلغ متوسط الهطول السنوي على الولايات المتحدة الأمريكية كلها ٧٥٠ ملليمترا (بقرابة (٣٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ جالون) في اليوم الواحد . وتكون تختلف مقادير الهطول المطر من ٣٥٠٠ ملليمتر في غابات مطر الأوريجن الساحلية لجبال هرت الجبل الساحلي ، إلى ١٥ ملليمترا فقط في وادي الموت (دث فالي) . وتظل

الأمطار تهطل بمعدل سريع ما يناسب من المطر ، وتصلها إلى الفيط . وفي هذه المرحلة ، يبدأ النهر في فيضان سريع . فنهر المسيسبي يتقل في اليوم الواحد ٣١٠ آلاف مليون جالون ، ويضيف إليها إلى خليج المكسيك . ويحمل نهر كولورادو سبعة آلاف مليون جالون في اليوم إلى خليج كاليفورنيا . والشرق ، وبه ٧٥٪ من مصدر الأمطار الجاري ، لا يستخدم سوى ٩٪ من هذا المصدر . أما الغرب الذي ينبع الجبال ، فهو يستخدم ٦٥٪ من مصدره الجاري ٢٥٪ . وبحلول عام ١٩٨٠ ، قد يتعرض سكان غرب أمريكا لضغط مائي حاد .

إذ يستطيع رطل واحد منه ، إنتاج ما يقرب من الطاقة المنبعثة عن حرق
كرة القمح الحبرى ، الذي يحمله أطار البضاعة القصير لنقل اللحم .

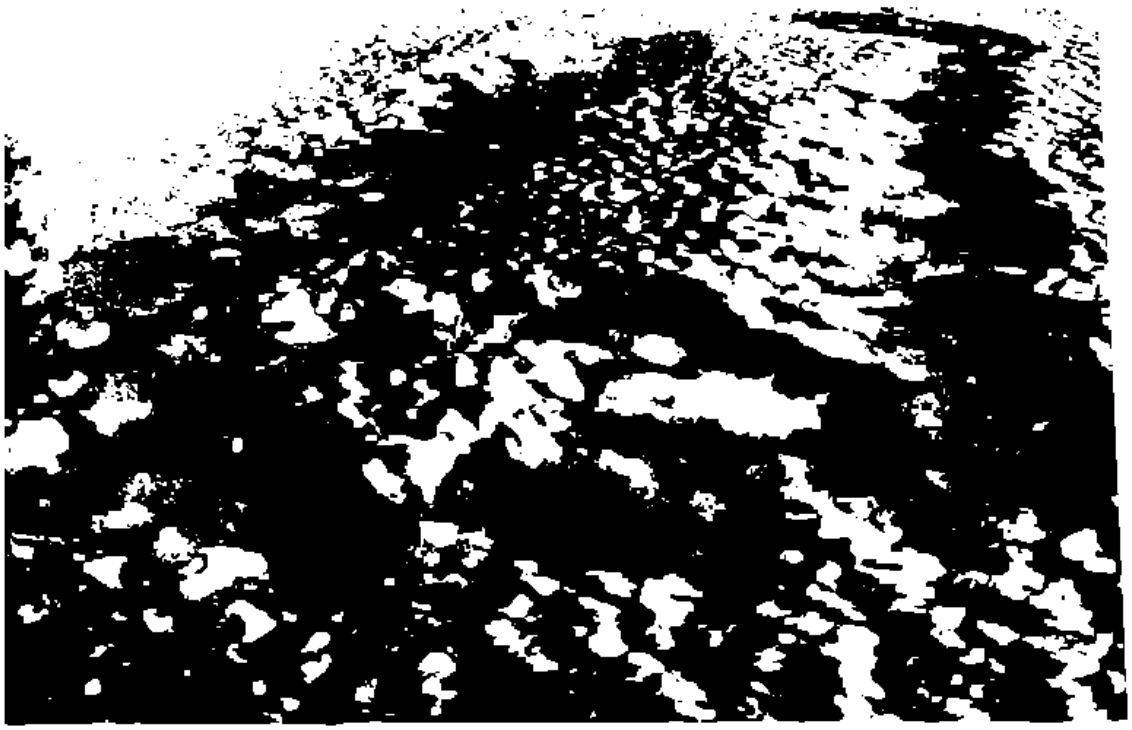
لة ماء وافية ، يحمل
صر إحدى القوارد
من اليورانيوم .

يمكن لأشعة الشمس المتجمعة في البؤرة، أن تحدث لفيا في الحديد الصلب .

منذ ٢٠ سنة مضت فقط ، اهتم الإنسان وشغل باله بموضوع مصادر الطاقة . فمقدار الفحم والبترول في الأرض محدود . ورغم أننا لم نعين بعد، أو نحصل على كل مناطق هذين الوقودين ، إلا أنه يلوح أنهما سوف ينضبان لا محالة بمرور الوقت .

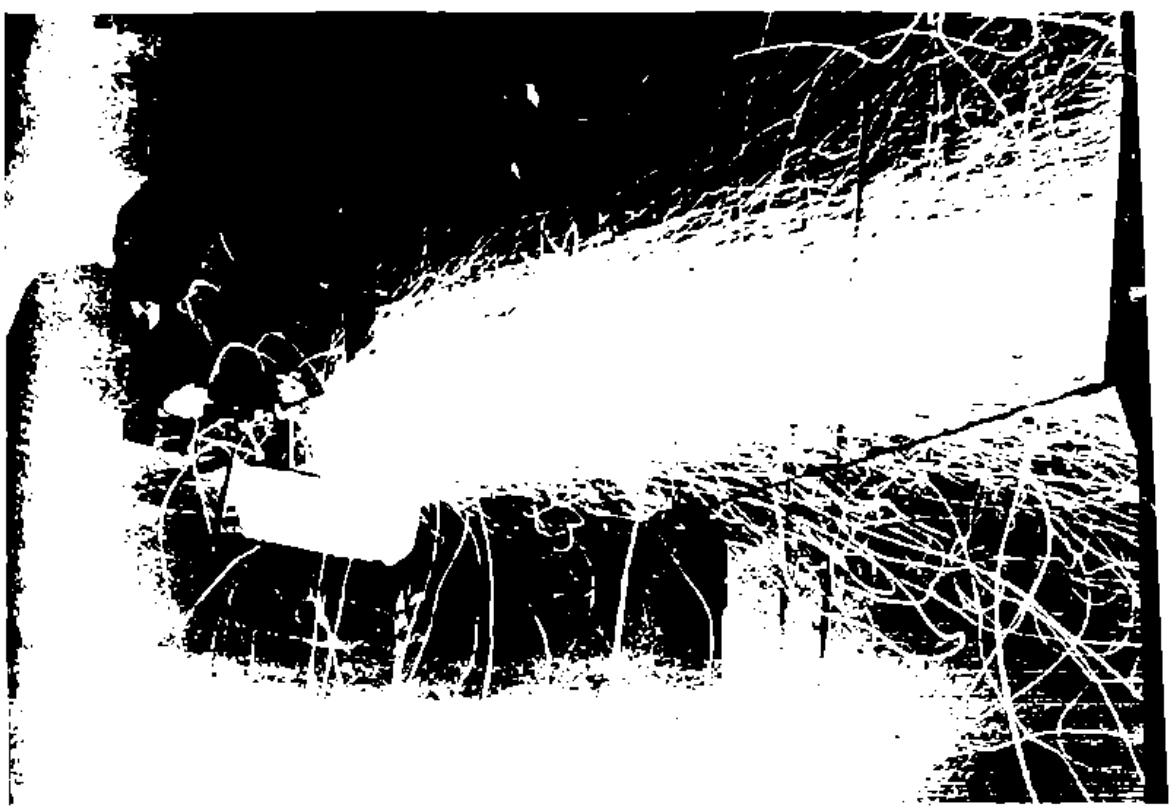
ومن الصعب استخدام القوى الكهرومائية لإدارة عجلات الحضارة ، أو دفع سياراتها . واليوم لا حدود لمصادر الطاقة . وقد جاء الفتح في ٢٠ ديسمبر عام ١٩٥٠ ، في أحد معامل صحراء إيداهو ، عندما ولد العلماء الكهرباء من الطاقة الذرية لأول مرة في التاريخ . وكانت أهمية ذلك العمل ، أن وقود النشاط الإشعاعي يحتوي على طاقة أكبر بكثير من أي وقود آخر (الشكل المقابل) . ويختزن اليورانيوم ، وحده من الطاقات التي يمكن استخدامها ، مقادير تساوي عشرة أمثال ما اختزنه الفحم الحجري ، والبترول ، والغازات الطبيعية معا .

ومنذ تحقق ذلك النصر العلمي ، والتقدم التاريخي ، فحصت أو اختبرت مصادر الطاقات الأخرى . فالشمس استخدمت في تسخين المساكن ، وإذابة الحديد والصلب (الصورة العليا) . كما استخدمت لتشغيل محطة من محطات الطاقة . وأنتجت قبلة ذرية فجرت تحت الأرض في نيومكسيكو ، حرارة مدخرة تحت الأرض ، على هيئة ملح منصهر ، درجة حرارته ٧٦٠ درجة مئوية (أو ١٤٠٠ درجة فهرنهيت) ، مر خلاله الماء ليكون البخار الذي أدار تربينا يولد الكهرباء . وحتى البكتيريا أدخلت دولاب العمل ، فإن الجراثيم التي تتغذى على السكر في ماء البحر ، عملت على تقوية مذيع راديوي . ومن المعتقد أن الكهرباء التي تولدها البكتيريا ، يمكن أن تحول ماء البحر المالح إلى ماء عذب ، كما تحول الأزوت والفوسفور إلى مخصبات أو سماد .



ن الجو : في هذه التجربة المبتكرة، قام العلماء بمحاولة التحكم في
ر را بلورات الثلج الجاف من طائرة، داخل نمط من أنماط السحب
فعة ببخار الماء، وبذلك، أجبروا تلك السحب على أن تجود بالمطر .

صناعة المطر : قام الدكتور برنارد لونيجت ، بعرض طريقته المبتكرة
الخاصة بتبخير يوديد الفضة ، باستخدام مولد الفحم النباتي (الصورة
أسفل) . تعمل الأبخرة المتصاعدة على تكثيف الماء من السحب .

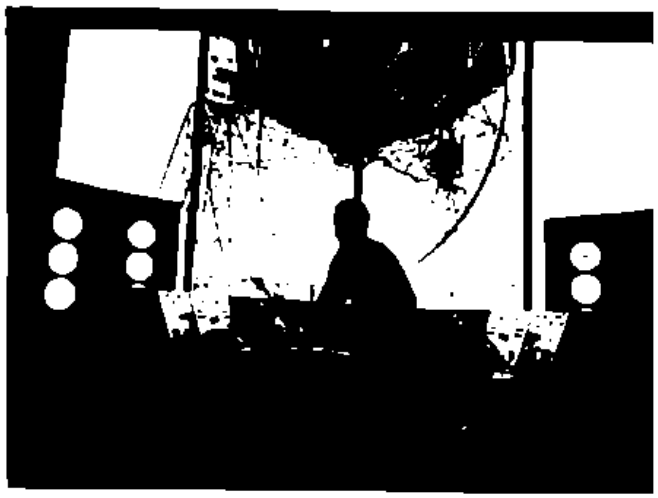


أولى خطوات التحكم فى الجو

ولد العلم الجديد الخاص بالتحكم فى الجو ، منذ نحو عشرين سنة مضت ، عندما عمد رجال الرصد الجوى ، إلى تلقيح السحب بالثلج الجاف وبودور الفضة ، لإسقاط المطر صناعيا (الصورة المقابلة) ، ومن أجل تبديد السحب والضباب . ولكن التحكم الحقيق فى الطقس ، سيظل مستعصياً ريثما يتم فهم الطرق التى تسلكها تقلبات الجو . وأقمار الأرصاد الجوية الأمريكية تيروس (الصورة العليا) ، بدأت تمدنا بمثل هذه المعلومات . ولقد أمدنا تيروس (١) خلال ٧٨ يوما من الرصد فى عام ١٩٦٠ ، بنحو ١٤ ألف صورة جيدة للأرض والسحب (الصورة التى إلى اليسار) . ولأول مرة ، رأى رجال الرصد الجوى الأنماط الكبرى للعواصف والسحب ، التى كانوا يرسمونها على خرائطهم .

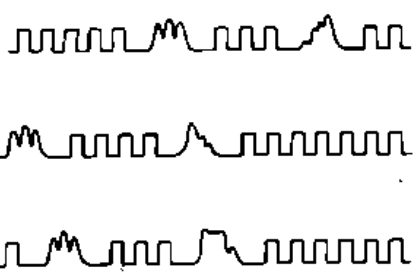
وباستخدام الأقمار الصناعية التى تم تحسينها مثل تيروس وإيروس ، سيتمكن رجال الطقس من تحسين مستوى مراقبتهم للقطبين ، ومن تتبع الأعاصير فى مراحلها المتقدمة . وقد يقودنا ذلك إلى وسائل إبعادها وتغيير مساراتها . والآن ، يفكر العلماء بدقة وإمعان فى توفير الاحتمالات البعيدة المدى ، بالبحث عن الطرق التى بها لا يغيرون فقط الجسو المحلى ، بل يغيرون أيضا كل المناخ الإقليمى (أى المنطقة بأسرها) .

محطة رصد بحرية يمكن توجيهها ويرى رجال الرصد وهم يرصدون الجو بدقة سواء بآلات الرصد أو بالعين المجردة وتوصل الارصاد فى الحال على أمواج الأثير باستخدام الشفرة الدولية



هذا و المنزل ، بدور أكبر منظار فلكي راديوي في جودريل بانك .

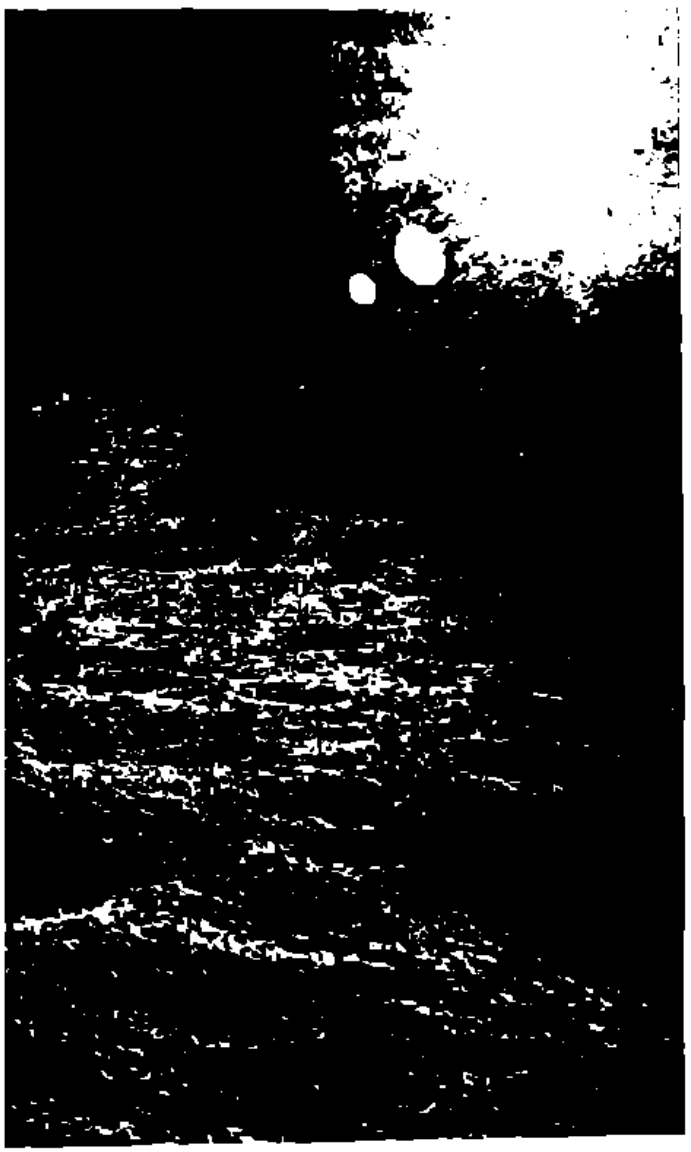
يتواضع الإنسان ويشعر بضآلة قدره عندما يفكر فيما حوله من نجوم . ويقدر الفلكيون أن مجرة الطريق اللبني (أو طريق التبانة كما يسمى بالعربية أحيانا) ، التي هي واحدة فقط من بين آلاف ملايين المجرات ، تضم على الأقل ١٠٠,٠٠٠ كوكب مسكون ، على غرار كوكب الأرض . ويرون أن ذكاء الكائنات عليها ، يمكن أن يضاهي ذكاء البشر أو يزيد عليه . وحتى عهد قريب ، يقدر بعدد قليل من السنين ، لم يكن هناك أي أمل في الاتصال بالنجوم . ولكن الآن ، تسمح شبكة آذان المنظار الفلكي الراديوي الضخمة للإنسان ، وتهيئ له فرصة الاستماع إلى الضربات أو النبضات الكهربائية ، التي ترتطم بالأرض مقبلة من الفضاء الفسيح . ومن بين هذه النجوم التي لا تتحرك ، قد تصلنا في يوم من الأيام إشارة ، وربما تكون مجرد معادلة رياضية كالتي في أسفل هذا الكلام ، لكي تضع حدا لهذه الوحدة وتلك الانعزالية ، التي تكتنف حياة الإنسان في هذا الكون .



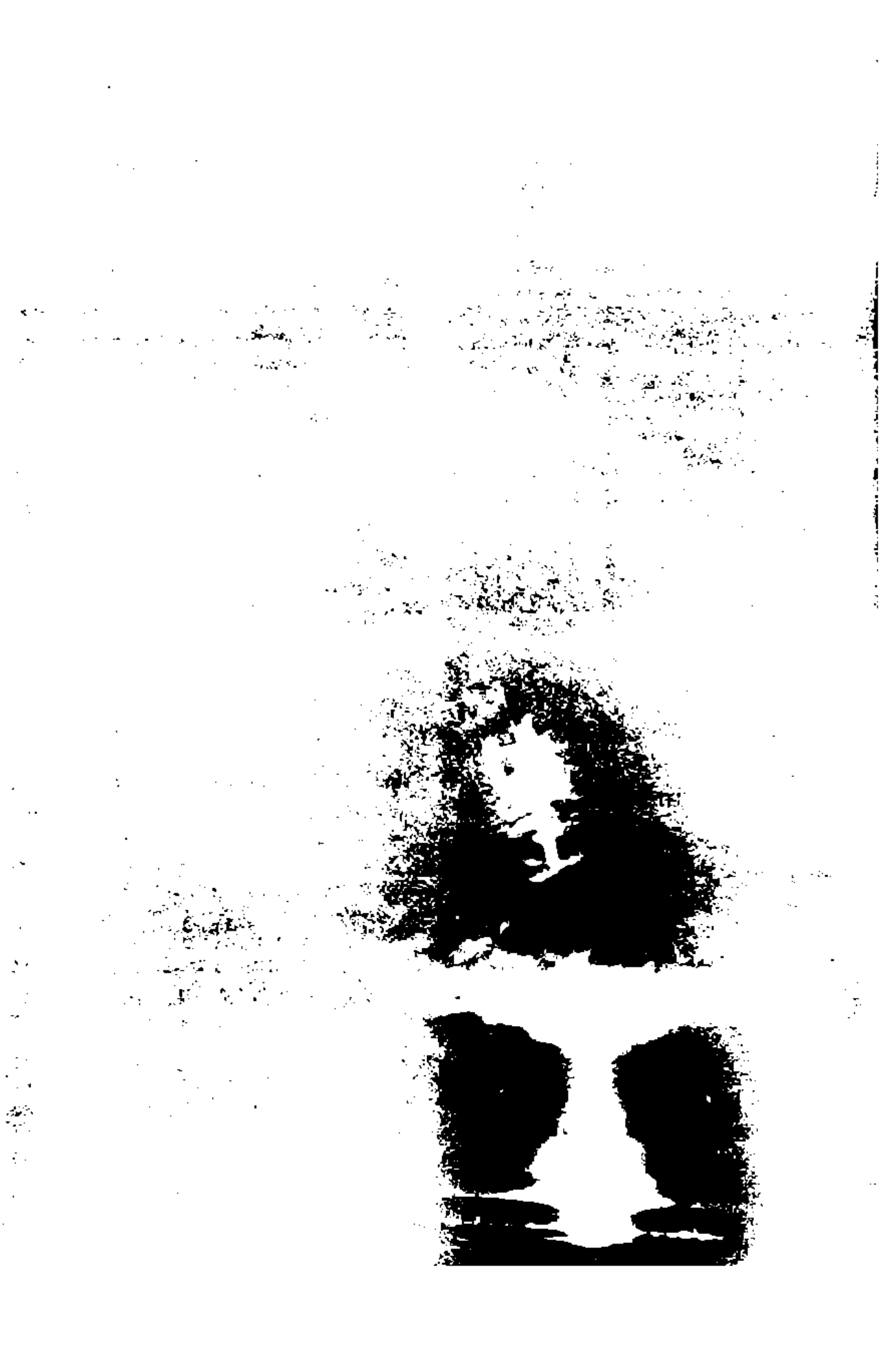
كلام ما بين النجوم : يمكن أن تتكلم النجوم مع بعضها بعضا بالرياضة (علم الرياضة) ، كما هو موضح في الصورة أعلاه . وسوف يتم مد الأرقام بالموجات الإلكترونية ، بينما تدل الإشارات الأخرى على الرموز الحسابية ، كما هو موضح بالشكل أعلاه .

أخرى . وهناك اختراع واكتشاف حديث يسمى « بيرر » ، يستخدم فيه أيلوت أمريكى صناعياً ، لإنتاج حزمة من الضوء مثل تلك المستخدمة فى الرصاص . ويفتح هذا الاختراع أمامنا مجالاً يمكن توجيه رسائل بإشارات ضوئية .

هاهو ذا نشاط الإنسان في الفضاء ، بدأ يلاحق الخيال العلمي . ففي العشر السنوات الأخيرة ، أرسل الآلات ، والأجهزة ، والحيوان ، ثم الإنسان نفسه من حول الأرض . وجاءت من بعد ذلك العملية التي تكتفها المشاق ، التي تبلغ ملايين أضعاف المشاق السابقة ، ونقصد بها تخليص الصاروخ من قبضة جذب الأرض ، ليطلق



رجال الفضاء يصعدون للصخور وهيئات سطح القمر لتمكن الباحثين من معرفة أسراره .



أين يمكنك رؤية مناظر الأرض المختلفة

هناك تكوينات جيولوجية عجيبة ملفتة النظر ، توجد في مناطق مختلفة من العالم . والكثير منها يمكن أن يراه الزوار . وفيما يلي أوصاف بعض التكوينات البالغة العجب .

البراكين

على القارة الأوروبية ، توجد البراكين النشطة في أقصى الشمال وأقصى الجنوب فقط . وفي قارة أمريكا الشمالية ، توجد البراكين في ألاسكا ، وضمن سلاسل الجبال الحديثة سيبا في الغرب . وترى البراكين كذلك بوفرة عظمى عبر جزر المحيط الهادي .

ڤيزوف – وسط إيطاليا : من المحتمل أن ڤيزوف يعرفه أكثر أهل الأرض . فهو أوسع البراكين شهرة . ثار ڤيزوف عام ٧٩ قبل الميلاد ، بعد فترة نوم طويلة . فأحرق مدينتي بومبي وهيركيولانيوم بالقرب من نابولي . وفي آخر ثوراته الكبير عام ١٩٤٤ ، دمر وخرب بلدة سان سباستيانو .

جبل إتنا بصقلية : ثورانات بركان إتنا ، على الرغم من أنها أقل تطايرا وتصاعدا ، إلا أنها أكثر حدوثا بالنسبة إلى ثورانات ڤيزوف . ولقد دمر [illegible] هذا البركان ، الذي تكثر فيه مخاريط الثوران . و[illegible] تجعل المنطقة من أخصب ما يكون ، فإن تلك المتحدرات وفيرة السكان .

أيسلندة : هذه الجزيرة (مساحتها ١٠٣,٠٠٠ كيلومترات مربعة) ، مبنية كلها من مواد بركانية . معروفة باسم الحمم ، والحجر الخفاف ، والرماد البركاني . وهناك ثلاثون بركانا ما زالت ثائرة ، من بينها هكلا ، وآسكجا ، وهما أشهر ما فيها .

هاواي ، الولايات المتحدة الأمريكية : تشغل أكثر من ٧٧٠ كيلومترا مربعا من مساحة جزيرتي الناشونال پارك في هاواي ، وماوي ، وهي تتضمن بركان ماونا لوا النشط ، الذي يبلغ ارتفاعه ٤٥٦ مترا ، وفوهة كيلاويا المجاورة ، التي ثارت آخر مرة في عام ١٩٦٠ . وأهم مظاهر ماوي فوهة هاليكالا العميقة السكون ، أو التي تغط في سبات عميق .

كاتماي ، ألاسكا ، الولايات المتحدة : داخل هذا المدى البركاني الممتد على طول نحو ١٥٠ كيلومترا ، يدخن في وادي العشرة آلاف دخانة ، بحيرات من فوهات البراكين ومخاريطها . ولكاتماي كذلك (مرجل) عملاق ، عبارة عن القاع الذي تكون عندما ثار البركان ثم خمد عام ١٩١٢ .

بلوستون ناشونال پارك – الولايات المتحدة الأمريكية : هذه حديقة من بدائع وروائع البراكين . وبها أكبر ناڤورات العالم الغازية ، وأروعها منظرا (نحو ٢٠٠) . وآلاف ناڤورات الماء الساخن ، وطين بركاني ، ومخارج الدخان ، وجروف جبال من الحجر الزجاجي الأسود ، وأشجار متحجرة .

الصدوع وخصائصها

الأصداع عبارة عن شقوق أو كسور طبيعية في القشرة الأرضية وعندما تضغط هذه القشرة إلى أعلى وإلى أسفل على طول الأصداع ، تحت تأثير أحداث الأرض العتيقة ، يعصر ذلك السطح ليصير طبقات مطوية ومساحات برمتها ، قد اعوجت بميل أو انحراف .

جراين الراين الأعلى – ألمانيا : هذا هو وادي الأخدود الكبير ، الذي يقع داخل مدى عظيم من الامتداد العرضي الضعيف ، وهي مساحة من القشرة الأرضية ، تقع بين البحر المتوسط وبحيرة ميجوسين بالنرويج . وفي هذا الوادي ، انخفض داخل الجراين عدة آلاف الأمتار منذ عصر الأيوسين .

جبال هارز – ألمانيا : تكون الحدود الشمالية لهذه الجبال ، منطقة دفع طويلة ، ضغطت [illegible] هارز التي ظهرت إبان الباليوزويك . أما [illegible] في البحر . وجملة ما نجم عن ذلك . أن [illegible] الحديثة في تلك الجبال ، وصارت عظيمة الانحدار .

الألب : حدثت تحركات كتل صخرية عظيمة ، عبر مسافات تزيد على ١٠٠ كيلومتر في جبال الألب . والألب الغربية تتميز بثرائها في هذه الظواهر (المعروفة باسم نابيس) ، وفيها قد ترتفع الطبقات القديمة من فوق الطبقات الحديثة ، وكثيراً ما يتكرر ذلك .

زيون ناشونال پارك – يوتاه ، الولايات المتحدة الأمريكية : من بين أكثر البراهين ظهورا لقابلية تربة الأرض للحركة ، تلك المناظر التي تشاهد في الجزء الشمالي الغربي من الولايات المتحدة . وتلك الأخاديد ذات الألوان البراقة على طول كولوب تراس ، والتي مزقها صدع هاريكين الكبير ، إنما تبين وتظهر بصورة واضحة ، آثار الحركات الرأسية ، والصدع ، والتعرية .

مستكون الصخور الرسوبية

إن الطبقات المتراكمة فوق بعضها بعضا من المواد التي ترسبها المحيطات ، والبحيرات ، والأنهار ، تكون تسجيلات الصخر التي يقرأ منها الجيولوجيون تاريخ الأرض الغابر . والعالم غني بتلك الصخور ، ولكن أكثرها أهمية من حيث تتابع الصخور الرسوبية ، عبر ١٥٠٠ مليون سنة من تاريخ الأرض ، إنما توجد في المساحات الثلاث الأولى المبينة فيما يلي . وهي تقع في حدود ١٢٠ كيلومترا من بعضها بعضا .

جراند كانيون ، الأريزونا ، بالولايات المتحدة الأمريكية : يكشف لنا جدول تاريخ الأ[illegible] ويتضمن الأخدود ١٢٧٠ مليون سنة من [illegible] تاريخ أعمق الطبقات إلى نحو ١٥٠٠ مليون [illegible] . أما أحدثها فترجع إلى ، حقب الميزوزويك .

زيون ناشونال پارك ، يوتاه ، بالولايات المتحدة الأمريكية : هذه الطبقات واضحة المعالم تماما ، وكانت قد تكونت إبان حقب الميزوزويك منذ ٢٣٠ إلى ٦٣ مليون سنة مضت .

برايس كانيون ، يوتاه ، الولايات المتحدة الأمريكية : تبين الطبقات المعروضة من هذا الأخدود ، تاريخا جيولوجيا يرجع إلى ٦٣ مليون سنة .

تكوينات نحو الشمال : تظهر في منحدرات المد في بحر الشمال تكوينات الترسبات الحديثة ، على هيئة شواطئ وجزر . وأحسن ما يعرف من هذه الشواطئ دوجار بانك ، وهو عبارة عن مساحة تنطى أكثر من ١٧.٦٠٠ كيلومتر مربع ، كثيرا ما سببت بعض المشاكل الملاحية .

التكوينات

إن قوى الماء ، والثلج ، وتقلبات الجو ، والرياح ، تلك التي تدأب على إنهاك وكحت الأرض ، نجمت عنها ظواهر عديدة عجيبة أحيانا ، رائعة أحيانا أخرى ، سواء في الداخل على اليابسة ، أو على شواطئ بحار الأرض ، مثل القناطر الطبيعية ، والأبراج التي كالقلاع ، والمغارات أو الكهوف الواسعة ، وشواطئ البحار التي أبدعت الطبيعة في نحتها أيما إبداع .

جراند كانيون ، الأريزونا ، بالولايات المتحدة الأمريكية : يمتد هذا الأخدود الذي ليس له نظير ، ويقطعه نهر كلورادو ، عبر مساحة يختلف عرضها من ٦ إلى ٢٧ كيلو مترا ، ويبلغ طولها نحو ٣٥٠ كيلومترا . أما العمق ، فيتراوح بين ١٣٠٠ متر إلى ٢٠٠٠ متر .

رينبو بردج ، يوتاه ، بالولايات المتحدة الأمريكية : هذا التسجيل الذي يبلغ امتداده العرضي ١٠٣ أمتار ، يرتفع ٩٠ مترا فوق سطح مجرى الماء الذي [illegible] في تجويفه .

ماموث كيف ، كنتكي ، بالولايات المتحدة الأمريكية : ليس ثمة من هو على يقين من أمر [illegible] هذا الكهف ، المكون من الحجر الجيري الذي شكلته عوامل التعرية ، ولكن تم الكشف عن معالم ٢٤٠ كيلومترا منه ، وتوزع على مستوياته الخمسة ، ثلاثة أنهار ، وثمانية مساقط للمياه ، وبحيرتان .

شاطئ الأطلنطي الشرقي : تم نحت الجروف والأكمات تحت وطأة أمواج الأطلنطي على طول الشاطئ من الطرف الغربي لفرانس ، إلى بريطانيا ، وأيرلند ، وسكتلند ، والنرويج في نوبث كيب . ولقد منح كل ذلك خط الشاطئ تلك الروائع التي على غرار جبل سان ميشيل في فرنسا ، ولانلدنو إندنو في انجلترا ، والفيوردات في النرويج .

هليجولاند : تتكون هذه الجزيرة التي تقع إلى شمال غرب شاطئ ألمانيا ، من صخور حجر رملي ، وهي آخر ما تبقى من هضبة قديمة ، كانت عظيمة الاتساع نسبيا إلى حد كبير .

جبال كارست ، يوجوسلافيا : تفوق هذه الجبال في صفاتها وصناعتها ، كل الصفات الأخاذة (لكارست) الجيري — مغاطس عيون الماء ، عروق الرمل ، والكهوف الكبيرة بصخور قطر الماء ، وينابيع (كارست) .

الثلاجات

هناك نهر ضخمة من الثلج ، توفر لنا قرائن الحركة في الوقت الحاضر أو في الماضي . تغطي نحو ١٤.٨ مليون كيلومتر مربع ، أو نحو ١٠٪ من سطح الأرض — وهي مساحة تكاد تعادل مساحة قارة أمريكا الجنوبية .

جليسير باي — ألاسكا ، الولايات المتحدة الأمريكية : في مساحة تبلغ نحو ٩.٢٢٠ كيلومترا مربعا ، توجد نحو عشرون ثلاجة جبارة وعجارى أخرى أصغر . وهي تبين في مجموعها التثليج على مراحله المختلفة . ابتداء من السريان السريع لثلاجة موير (سبعة أو عشرة أمتار في اليوم) ، عبر كتل الجليد الهامد الذي لا يتحرك ، إلى القبورد .

جورسفيد السراي ، [illegible] : ثلاجة قائمة بمفردها في أوروبا ، موجودة في [illegible] تغطي مساحة قدرها ٩٤٠ كيلومترا مربعا . وقد [illegible] من ألسنة الثلاجات .

ألبتش ، سويسرا : أكبر ثلاجات الألب . تسري من مجموعة جبال بونجفو او المركبة ، ويبلغ طولها ٢٧ كيلومترا .

ألمانيا الشمالية : تحتوي شمال ألمانيا على أمثلة عديدة ومثيرة للاهتمام من آثار ثلاجات البليستوسين . وفي بعض الجهات تكون الصخور التي يدفعها النهر الجليدي ، ويكون الحصى الذي تجرفه معها الثلاجة ، مترسبا فوق طبقات الصخور الرسوبية ، عبر مسافة رأسية امتدادها نحو ١٠٠ متر .

الأحافير

إننا نشاهد بقايا الأحافير ، وما انطبع من النباتات والحيوانات التي عاشت في أزمنة سحيقة ، تمتد إلى نحو ٥٠٠ مليون سنة ، بوضوح وجلاء ، وهي تتجلى أمام أعيننا في الصخور الرسوبية ، المنتشرة في كل أنحاء العالم .

الديناصور ، يوتاه ، كلورادو ، الولايات المتحدة الأمريكية : هو أبدع ديناصور ترسب كأحفورة في العالم . وحجم هذا النوع يتراوح من الدايبلودوكس الذي يبلغ طوله نحو ٢٨ مترا ، إلى البرونتوساورس والألوساورس ، وإلى اللاوساورس الصغير نسبيا الذي يبلغ طوله مترين فقط . يتكون حائط من حيطان مركز الزوار ، من مقطع ضخم من الصخور الحاملة لتلك الأحفورة . وهنا يمكن أن يشاهد المرء أعمال [illegible] وتجهيز هيكل الأحفورة .

الغابة المتحجرة ، [illegible] ، الولايات المتحدة الأمريكية : هذه أكبر مجموعة عالمية [illegible] تحولت إلى أحافير ، يرجع تاريخها إلى العصر الترياسي ، أي منذ ٢٣٠ إلى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

هولزميدن — ألمانيا : هنا تظهر حفائر طفلة (البوسيدونيا) للعصر الفياسي العلوي ترسبا غنيا من الحفريات . وأحسنها وأعظمها قيمة ، تلك الهياكل التي حفظت في روعة وجلال الحيوان الإنتشيوساورس ، حيث بقيت كل تفاصيل العظام واضحة المعالم . وكثيرا ما تكون بعض أجزاء الجلد التي تغطي العظم واضحة كذلك .

حوض باريس — فرنسا : يحتوي حوض باريس على طائفة من أحسن أمثلة أحافير عصر الأيوسين ، سواء من الفقاريات أو اللافقاريات . وقد اشتهرت تلك المنطقة وعرفت بذلك منذ أول الأمر ، عندما ظهر علم الحفائر .

[illegible]
Earth, age of [illegible]
[illegible]
Earth crust [illegible]
[illegible]
Day and night cycle [illegible]
[illegible]
Earthquakes [illegible]
[illegible]
Canada [illegible]
[illegible]
California Institute of Technology [illegible]
California earthquakes [illegible]
[illegible]
Cyprus [illegible]
[illegible]
Continents [illegible]
[illegible]
Crust. See earth crust

Granite, 39, 41, 83, 85, 86-8, 89, 97, 99 minerals in, 113; Weathering of, 109

Hail, 94
Half-life of radioactive elements, 123
Hanauer, 47, 83
Hedges Lake, Montana, 33
Hewett, Edward, 89
Humidity, 148, 154, 160
Hurricane, classification, 94
High pressure cell, 39
Hindu concepts of earth, 11
Hippocrates, 13
Hood, 89
Hot springs, 49
Hudson Bay, 130, 132
Hudson River, 84
Hurricanes, 89 - 6, 93
Huston, James, 165
Huxley, Galen, 139
Hydra, 153 - 6
Ice caps, weight of, 87, 889
Igneous rock, 69, 83, 84 - 6, 111, 123
Indian Ocean, 63 - 6
Indra rod radiation, 69, 169
Insects, 134, 139 Carolina Range, 136 Cretaceous, 137 Permian, 137, 144
International Geophysical year, 11, 39
Interstellar communications, 169 - 181
Ionosphere, 69, 39, 65, 67
Iron, meteoritic content (1952), 83
Iron, short comparison of earth's core, 42 ; content in rock, 83, 112 ; in meteorites, 98 ; energy of, 170 - 1
Isostasy, theory of, 87
Ice ages, severe effects of, 129, 130 - 6, Permo, 140 - 2, 153 ; Permian, 138, Pleistocene, 135, 138, 161 - 2 ; comparative cycle of, 162 ; theories on origin of, 153 - 6

الجرانيت ٣٨ ، ٤١ ، ٨٣ ، ٨٥ - ٨٦ ، ٨٩ ، ٩٧ ، ٩٩ معادنه ، ١١٣ ؛ التجوية ، ١٠٩

البرد ٩٤
عمر النصف للعناصر ذات النشاط الإشعاعي ١٢٣
هانوير ، ٨٣ ، ٨٥
هيدجز ليك ، مونتانا ، ٣٣
هيوت ، إدوارد ، ٨٩
هنتلي ، ١٦٥ ، ١٦٤ ، ١٦٥
هاريكين ، تصنيفه ، ٩٤
الرطوبة ، ١٤٨ - ١٤٩ ، ١٦٠
طبقة مسنا مائي ٦١
آراء الصينيين عن الأرض ١١
هيبارخوس ١٣
هنود ، ٨٩
حمم برسوك ٤٩
هدسن باي ، ١٣٠ ، ١٣٢
هدسن نهر ، ٨٤
هاريكين ، ٨٩ - ٩٠ ، ٩٣
هالين ، جيمس ، ١٦٥
هكسلي ، جولين ، ١٣٩
الهيدرا ، ١٥٣ - ٦
الصخور النارية ، ٦٩ ، ٨٣ ، ٨٤ - ٨٦ ، ١١١ ، ١٢٣
الجزر الإنجليزية ، ٦٣ - ٦
الصخور الرسوبية ، ٦٩ ، ٨٣ ، ٨٤ - ٨٥ ، ١١١ ، ١٢٣
الصخيد الجليدي ٦٦ ، ٦٧
الاستاذات بست الصخراء ، ٦٠ ، ١٦٠
طيور ، ١٣٩ ، ١٤٩ ، الكاروس ، ١٣٩ ، الجوراسي ١٣٧ ، الترياس ١٤٤ ، ١٣٧
السير الجاف للغلاف الأرضي ، ٣٩ ، ٤٠
السير الجاف للغلاف الأرضي ، ١٣٨ - ١٤١
الاتصال في ما بين النجوم ٨٥ ، ١٧٠ ، ١٧٦
الأورجستين ٨٦ ، ٩٦
الكواكب والكون ٥٢
حقبة : الكرتاسي في الأرض ، ١٣٦ ؛ الجوراسي ٨٢ ، ١٣٦ ، ١٣٧ ؛ الفحم ١٦٠ ، الطرق الحجري ١٦٠ ، ١٦٦
إيسوستاسي ٨٧ ، توازن الصخور بالقشرة
الصخور الجليدية ، آثار التعرية ، ١٢٨ ، ١٣٨ - ١٤٠ ، ١٤٦ ، الباليوزوي ١٣٦ ، ١٣٨ ، ١٤٠ ، ١٤٦ ، ١٤٨ ، ١٥٣ ، ١٥٦ ، ١٦٠ ، ١٦٢ ، ١٦٦ ، ١٦٨ ، ١٧٠ ، ١٧٢ ، ١٧٦ ، ١٧٨ ، ١٨٠ ، ١٨٢ ، ١٨٤ ، ١٨٦ ، ١٨٨ ، ١٩٠ ، ١٩٢ ، ١٩٤ ، ١٩٦ ، ١٩٨ ، ٢٠٠ ، ٢٠٢ ، ٢٠٤ ، ٢٠٦ ، ٢٠٨ ، ٢١٠ ، ٢١٢ ، ٢١٤ ، ٢١٦ ، ٢١٨ ، ٢٢٠ ، ٢٢٢ ، ٢٢٤ ، ٢٢٦ ، ٢٢٨ ، ٢٣٠ ، ٢٣٢ ، ٢٣٤ ، ٢٣٦ ، ٢٣٨ ، ٢٤٠ ، ٢٤٢ ، ٢٤٤ ، ٢٤٦ ، ٢٤٨ ، ٢٥٠ ، ٢٥٢ ، ٢٥٤ ، ٢٥٦ ، ٢٥٨ ، ٢٦٠ ، ٢٦٢ ، ٢٦٤ ، ٢٦٦ ، ٢٦٨ ، ٢٧٠ ، ٢٧٢ ، ٢٧٤ ، ٢٧٦ ، ٢٧٨ ، ٢٨٠ ، ٢٨٢ ، ٢٨٤ ، ٢٨٦ ، ٢٨٨ ، ٢٩٠ ، ٢٩٢ ، ٢٩٤ ، ٢٩٦ ، ٢٩٨ ، ٣٠٠ ، ٣٠٢ ، ٣٠٤ ، ٣٠٦ ، ٣٠٨ ، ٣١٠ ، ٣١٢ ، ٣١٤ ، ٣١٦ ، ٣١٨ ، ٣٢٠ ، ٣٢٢ ، ٣٢٤ ، ٣٢٦ ، ٣٢٨ ، ٣٣٠ ، ٣٣٢ ، ٣٣٤ ، ٣٣٦ ، ٣٣٨ ، ٣٤٠ ، ٣٤٢ ، ٣٤٤ ، ٣٤٦ ، ٣٤٨ ، ٣٥٠ ، ٣٥٢ ، ٣٥٤ ، ٣٥٦ ، ٣٥٨ ، ٣٦٠ ، ٣٦٢ ، ٣٦٤ ، ٣٦٦ ، ٣٦٨ ، ٣٧٠ ، ٣٧٢ ، ٣٧٤ ، ٣٧٦ ، ٣٧٨ ، ٣٨٠ ، ٣٨٢ ، ٣٨٤ ، ٣٨٦ ، ٣٨٨ ، ٣٩٠ ، ٣٩٢ ، ٣٩٤ ، ٣٩٦ ، ٣٩٨ ، ٤٠٠ ، ٤٠٢ ، ٤٠٤ ، ٤٠٦ ، ٤٠٨ ، ٤١٠ ، ٤١٢ ، ٤١٤ ، ٤١٦ ، ٤١٨ ، ٤٢٠ ، ٤٢٢ ، ٤٢٤ ، ٤٢٦ ، ٤٢٨ ، ٤٣٠ ، ٤٣٢ ، ٤٣٤ ، ٤٣٦ ، ٤٣٨ ، ٤٤٠ ، ٤٤٢ ، ٤٤٤ ، ٤٤٦ ، ٤٤٨ ، ٤٥٠ ، ٤٥٢ ، ٤٥٤ ، ٤٥٦ ، ٤٥٨ ، ٤٦٠ ، ٤٦٢ ، ٤٦٤ ، ٤٦٦ ، ٤٦٨ ، ٤٧٠ ، ٤٧٢ ، ٤٧٤ ، ٤٧٦ ، ٤٧٨ ، ٤٨٠ ، ٤٨٢ ، ٤٨٤ ، ٤٨٦ ، ٤٨٨ ، ٤٩٠ ، ٤٩٢ ، ٤٩٤ ، ٤٩٦ ، ٤٩٨ ، ٥٠٠ ، ٥٠٢ ، ٥٠٤ ، ٥٠٦ ، ٥٠٨ ، ٥١٠ ، ٥١٢ ، ٥١٤ ، ٥١٦ ، ٥١٨ ، ٥٢٠ ، ٥٢٢ ، ٥٢٤ ، ٥٢٦ ، ٥٢٨ ، ٥٣٠ ، ٥٣٢ ، ٥٣٤ ، ٥٣٦ ، ٥٣٨ ، ٥٤٠ ، ٥٤٢ ، ٥٤٤ ، ٥٤٦ ، ٥٤٨ ، ٥٥٠ ، ٥٥٢ ، ٥٥٤ ، ٥٥٦ ، ٥٥٨ ، ٥٦٠ ، ٥٦٢ ، ٥٦٤ ، ٥٦٦ ، ٥٦٨ ، ٥٧٠ ، ٥٧٢ ، ٥٧٤ ، ٥٧٦ ، ٥٧٨ ، ٥٨٠ ، ٥٨٢ ، ٥٨٤ ، ٥٨٦ ، ٥٨٨ ، ٥٩٠ ، ٥٩٢ ، ٥٩٤ ، ٥٩٦ ، ٥٩٨ ، ٦٠٠ ، ٦٠٢ ، ٦٠٤ ، ٦٠٦ ، ٦٠٨ ، ٦١٠ ، ٦١٢ ، ٦١٤ ، ٦١٦ ، ٦١٨ ، ٦٢٠ ، ٦٢٢ ، ٦٢٤ ، ٦٢٦ ، ٦٢٨ ، ٦٣٠ ، ٦٣٢ ، ٦٣٤ ، ٦٣٦ ، ٦٣٨ ، ٦٤٠ ، ٦٤٢ ، ٦٤٤ ، ٦٤٦ ، ٦٤٨ ، ٦٥٠ ، ٦٥٢ ، ٦٥٤ ، ٦٥٦ ، ٦٥٨ ، ٦٦٠ ، ٦٦٢ ، ٦٦٤ ، ٦٦٦ ، ٦٦٨ ، ٦٧٠ ، ٦٧٢ ، ٦٧٤ ، ٦٧٦ ، ٦٧٨ ، ٦٨٠ ، ٦٨٢ ، ٦٨٤ ، ٦٨٦ ، ٦٨٨ ، ٦٩٠ ، ٦٩٢ ، ٦٩٤ ، ٦٩٦ ، ٦٩٨ ، ٧٠٠ ، ٧٠٢ ، ٧٠٤ ، ٧٠٦ ، ٧٠٨ ، ٧١٠ ، ٧١٢ ، ٧١٤ ، ٧١٦ ، ٧١٨ ، ٧٢٠ ، ٧٢٢ ، ٧٢٤ ، ٧٢٦ ، ٧٢٨ ، ٧٣٠ ، ٧٣٢ ، ٧٣٤ ، ٧٣٦ ، ٧٣٨ ، ٧٤٠ ، ٧٤٢ ، ٧٤٤ ، ٧٤٦ ، ٧٤٨ ، ٧٥٠ ، ٧٥٢ ، ٧٥٤ ، ٧٥٦ ، ٧٥٨ ، ٧٦٠ ، ٧٦٢ ، ٧٦٤ ، ٧٦٦ ، ٧٦٨ ، ٧٧٠ ، ٧٧٢ ، ٧٧٤ ، ٧٧٦ ، ٧٧٨ ، ٧٨٠ ، ٧٨٢ ، ٧٨٤ ، ٧٨٦ ، ٧٨٨ ، ٧٩٠ ، ٧٩٢ ، ٧٩٤ ، ٧٩٦ ، ٧٩٨ ، ٨٠٠ ، ٨٠٢ ، ٨٠٤ ، ٨٠٦ ، ٨٠٨ ، ٨١٠ ، ٨١٢ ، ٨١٤ ، ٨١٦ ، ٨١٨ ، ٨٢٠ ، ٨٢٢ ، ٨٢٤ ، ٨٢٦ ، ٨٢٨ ، ٨٣٠ ، ٨٣٢ ، ٨٣٤ ، ٨٣٦ ، ٨٣٨ ، ٨٤٠ ، ٨٤٢ ، ٨٤٤ ، ٨٤٦ ، ٨٤٨ ، ٨٥٠ ، ٨٥٢ ، ٨٥٤ ، ٨٥٦ ، ٨٥٨ ، ٨٦٠ ، ٨٦٢ ، ٨٦٤ ، ٨٦٦ ، ٨٦٨ ، ٨٧٠ ، ٨٧٢ ، ٨٧٤ ، ٨٧٦ ، ٨٧٨ ، ٨٨٠ ، ٨٨٢ ، ٨٨٤ ، ٨٨٦ ، ٨٨٨ ، ٨٩٠ ، ٨٩٢ ، ٨٩٤ ، ٨٩٦ ، ٨٩٨ ، ٩٠٠ ، ٩٠٢ ، ٩٠٤ ، ٩٠٦ ، ٩٠٨ ، ٩١٠ ، ٩١٢ ، ٩١٤ ، ٩١٦ ، ٩١٨ ، ٩٢٠ ، ٩٢٢ ، ٩٢٤ ، ٩٢٦ ، ٩٢٨ ، ٩٣٠ ، ٩٣٢ ، ٩٣٤ ، ٩٣٦ ، ٩٣٨ ، ٩٤٠ ، ٩٤٢ ، ٩٤٤ ، ٩٤٦ ، ٩٤٨ ، ٩٥٠ ، ٩٥٢ ، ٩٥٤ ، ٩٥٦ ، ٩٥٨ ، ٩٦٠ ، ٩٦٢ ، ٩٦٤ ، ٩٦٦ ، ٩٦٨ ، ٩٧٠ ، ٩٧٢ ، ٩٧٤ ، ٩٧٦ ، ٩٧٨ ، ٩٨٠ ، ٩٨٢ ، ٩٨٤ ، ٩٨٦ ، ٩٨٨ ، ٩٩٠ ، ٩٩٢ ، ٩٩٤ ، ٩٩٦ ، ٩٩٨ ، ١٠٠٠ ، ١٠٠٢ ، ١٠٠٤ ، ١٠٠٦ ، ١٠٠٨ ، ١٠١٠ ، ١٠١٢ ، ١٠١٤ ، ١٠١٦ ، ١٠١٨ ، ١٠٢٠ ، ١٠٢٢ ، ١٠٢٤ ، ١٠٢٦ ، ١٠٢٨ ، ١٠٣٠ ، ١٠٣٢ ، ١٠٣٤ ، ١٠٣٦ ، ١٠٣٨ ، ١٠٤٠ ، ١٠٤٢ ، ١٠٤٤ ، ١٠٤٦ ، ١٠٤٨ ، ١٠٥٠ ، ١٠٥٢ ، ١٠٥٤ ، ١٠٥٦ ، ١٠٥٨ ، ١٠٦٠ ، ١٠٦٢ ، ١٠٦٤ ، ١٠٦٦ ، ١٠٦٨ ، ١٠٧٠ ، ١٠٧٢ ، ١٠٧٤ ، ١٠٧٦ ، ١٠٧٨ ، ١٠٨٠ ، ١٠٨٢ ، ١٠٨٤ ، ١٠٨٦ ، ١٠٨٨ ، ١٠٩٠ ، ١٠٩٢ ، ١٠٩٤ ، ١٠٩٦ ، ١٠٩٨ ، ١١٠٠ ، ١١٠٢ ، ١١٠٤ ، ١١٠٦ ، ١١٠٨ ، ١١١٠ ، ١١١٢ ، ١١١٤ ، ١١١٦ ، ١١١٨ ، ١١٢٠ ، ١١٢٢ ، ١١٢٤ ، ١١٢٦ ، ١١٢٨ ، ١١٣٠ ، ١١٣٢ ، ١١٣٤ ، ١١٣٦ ، ١١٣٨ ، ١١٤٠ ، ١١٤٢ ، ١١٤٤ ، ١١٤٦ ، ١١٤٨ ، ١١٥٠ ، ١١٥٢ ، ١١٥٤ ، ١١٥٦ ، ١١٥٨ ، ١١٦٠ ، ١١٦٢ ، ١١٦٤ ، ١١٦٦ ، ١١٦٨ ، ١١٧٠ ، ١١٧٢ ، ١١٧٤ ، ١١٧٦ ، ١١٧٨ ، ١١٨٠ ، ١١٨٢ ، ١١٨٤ ، ١١٨٦ ، ١١٨٨ ، ١١٩٠ ، ١١٩٢ ، ١١٩٤ ، ١١٩٦ ، ١١٩٨ ، ١٢٠٠ ، ١٢٠٢ ، ١٢٠٤ ، ١٢٠٦ ، ١٢٠٨ ، ١٢١٠ ، ١٢١٢ ، ١٢١٤ ، ١٢١٦ ، ١٢١٨ ، ١٢٢٠ ، ١٢٢٢ ، ١٢٢٤ ، ١٢٢٦ ، ١٢٢٨ ، ١٢٣٠ ، ١٢٣٢ ، ١٢٣٤ ، ١٢٣٦ ، ١٢٣٨ ، ١٢٤٠ ، ١٢٤٢ ، ١٢٤٤ ، ١٢٤٦ ، ١٢٤٨ ، ١٢٥٠ ، ١٢٥٢ ، ١٢٥٤ ، ١٢٥٦ ، ١٢٥٨ ، ١٢٦٠ ، ١٢٦٢ ، ١٢٦٤ ، ١٢٦٦ ، ١٢٦٨ ، ١٢٧٠ ، ١٢٧٢ ، ١٢٧٤ ، ١٢٧٦ ، ١٢٧٨ ، ١٢٨٠ ، ١٢٨٢ ، ١٢٨٤ ، ١٢٨٦ ، ١٢٨٨ ، ١٢٩٠ ، ١٢٩٢ ، ١٢٩٤ ، ١٢٩٦ ، ١٢٩٨ ، ١٣٠٠ ، ١٣٠٢ ، ١٣٠٤ ، ١٣٠٦ ، ١٣٠٨ ، ١٣١٠ ، ١٣١٢ ، ١٣١٤ ، ١٣١٦ ، ١٣١٨ ، ١٣٢٠ ، ١٣٢٢ ، ١٣٢٤ ، ١٣٢٦ ، ١٣٢٨ ، ١٣٣٠ ، ١٣٣٢ ، ١٣٣٤ ، ١٣٣٦ ، ١٣٣٨ ، ١٣٤٠ ، ١٣٤٢ ، ١٣٤٤ ، ١٣٤٦ ، ١٣٤٨ ، ١٣٥٠ ، ١٣٥٢ ، ١٣٥٤ ، ١٣٥٦ ، ١٣٥٨ ، ١٣٦٠ ، ١٣٦٢ ، ١٣٦٤ ، ١٣٦٦ ، ١٣٦٨ ، ١٣٧٠ ، ١٣٧٢ ، ١٣٧٤ ، ١٣٧٦ ، ١٣٧٨ ، ١٣٨٠ ، ١٣٨٢ ، ١٣٨٤ ، ١٣٨٦ ، ١٣٨٨ ، ١٣٩٠ ، ١٣٩٢ ، ١٣٩٤ ، ١٣٩٦ ، ١٣٩٨ ، ١٤٠٠ ، ١٤٠٢ ، ١٤٠٤ ، ١٤٠٦ ، ١٤٠٨ ، ١٤١٠ ، ١٤١٢ ، ١٤١٤ ، ١٤١٦ ، ١٤١٨ ، ١٤٢٠ ، ١٤٢٢ ، ١٤٢٤ ، ١٤٢٦ ، ١٤٢٨ ، ١٤٣٠ ، ١٤٣٢ ، ١٤٣٤ ، ١٤٣٦ ، ١٤٣٨ ، ١٤٤٠ ، ١٤٤٢ ، ١٤٤٤ ، ١٤٤٦ ، ١٤٤٨ ، ١٤٥٠ ، ١٤٥٢ ، ١٤٥٤ ، ١٤٥٦ ، ١٤٥٨ ، ١٤٦٠ ، ١٤٦٢ ، ١٤٦٤ ، ١٤٦٦ ، ١٤٦٨ ، ١٤٧٠ ، ١٤٧٢ ، ١٤٧٤ ، ١٤٧٦ ، ١٤٧٨ ، ١٤٨٠ ، ١٤٨٢ ، ١٤٨٤ ، ١٤٨٦ ، ١٤٨٨ ، ١٤٩٠ ، ١٤٩٢ ، ١٤٩٤ ، ١٤٩٦ ، ١٤٩٨ ، ١٥٠٠ ، ١٥٠٢ ، ١٥٠٤ ، ١٥٠٦ ، ١٥٠٨ ، ١٥١٠ ، ١٥١٢ ، ١٥١٤ ، ١٥١٦ ، ١٥١٨ ، ١٥٢٠ ، ١٥٢٢ ، ١٥٢٤ ، ١٥٢٦ ، ١٥٢٨ ، ١٥٣٠ ، ١٥٣٢ ، ١٥٣٤ ، ١٥٣٦ ، ١٥٣٨ ، ١٥٤٠ ، ١٥٤٢ ، ١٥٤٤ ، ١٥٤٦ ، ١٥٤٨ ، ١٥٥٠ ، ١٥٥٢ ، ١٥٥٤ ، ١٥٥٦ ، ١٥٥٨ ، ١٥٦٠ ، ١٥٦٢ ، ١٥٦٤ ، ١٥٦٦ ، ١٥٦٨ ، ١٥٧٠ ، ١٥٧٢ ، ١٥٧٤ ، ١٥٧٦ ، ١٥٧٨ ، ١٥٨٠ ، ١٥٨٢ ، ١٥٨٤ ، ١٥٨٦ ، ١٥٨٨ ، ١٥٩٠ ، ١٥٩٢ ، ١٥٩٤ ، ١٥٩٦ ، ١٥٩٨ ، ١٦٠٠ ، ١٦٠٢ ، ١٦٠٤ ، ١٦٠٦ ، ١٦٠٨ ، ١٦١٠ ، ١٦١٢ ، ١٦١٤ ، ١٦١٦ ، ١٦١٨ ، ١٦٢٠ ، ١٦٢٢ ، ١٦٢٤ ، ١٦٢٦ ، ١٦٢٨ ، ١٦٣٠ ، ١٦٣٢ ، ١٦٣٤ ، ١٦٣٦ ، ١٦٣٨ ، ١٦٤٠ ، ١٦٤٢ ، ١٦٤٤ ، ١٦٤٦ ، ١٦٤٨ ، ١٦٥٠ ، ١٦٥٢ ، ١٦٥٤ ، ١٦٥٦ ، ١٦٥٨ ، ١٦٦٠ ، ١٦٦٢ ، ١٦٦٤ ، ١٦٦٦ ، ١٦٦٨ ، ١٦٧٠ ، ١٦٧٢ ، ١٦٧٤ ، ١٦٧٦ ، ١٦٧٨ ، ١٦٨٠ ، ١٦٨٢ ، ١٦٨٤ ، ١٦٨٦ ، ١٦٨٨ ، ١٦٩٠ ، ١٦٩٢ ، ١٦٩٤ ، ١٦٩٦ ، ١٦٩٨ ، ١٧٠٠ ، ١٧٠٢ ، ١٧٠٤ ، ١٧٠٦ ، ١٧٠٨ ، ١٧١٠ ، ١٧١٢ ، ١٧١٤ ، ١٧١٦ ، ١٧١٨ ، ١٧٢٠ ، ١٧٢٢ ، ١٧٢٤ ، ١٧٢٦ ، ١٧٢٨ ، ١٧٣٠ ، ١٧٣٢ ، ١٧٣٤ ، ١٧٣٦ ، ١٧٣٨ ، ١٧٤٠ ، ١٧٤٢ ، ١٧٤٤ ، ١٧٤٦ ، ١٧٤٨ ، ١٧٥٠ ، ١٧٥٢ ، ١٧٥٤ ، ١٧٥٦ ، ١٧٥٨ ، ١٧٦٠ ، ١٧٦٢ ، ١٧٦٤ ، ١٧٦٦ ، ١٧٦٨ ، ١٧٧٠ ، ١٧٧٢ ، ١٧٧٤ ، ١٧٧٦ ، ١٧٧٨ ، ١٧٨٠ ، ١٧٨٢ ، ١٧٨٤ ، ١٧٨٦ ، ١٧٨٨ ، ١٧٩٠ ، ١٧٩٢ ، ١٧٩٤ ، ١٧٩٦ ، ١٧٩٨ ، ١٨٠٠ ، ١٨٠٢ ، ١٨٠٤ ، ١٨٠٦ ، ١٨٠٨ ، ١٨١٠ ، ١٨١٢ ، ١٨١٤ ، ١٨١٦ ، ١٨١٨ ، ١٨٢٠ ، ١٨٢٢ ، ١٨٢٤ ، ١٨٢٦ ، ١٨٢٨ ، ١٨٣٠ ، ١٨٣٢ ، ١٨٣٤ ، ١٨٣٦ ، ١٨٣٨ ، ١٨٤٠ ، ١٨٤٢ ، ١٨٤٤ ، ١٨٤٦ ، ١٨٤٨ ، ١٨٥٠ ، ١٨٥٢ ، ١٨٥٤ ، ١٨٥٦ ، ١٨٥٨ ، ١٨٦٠ ، ١٨٦٢ ، ١٨٦٤ ، ١٨٦٦ ، ١٨٦٨ ، ١٨٧٠ ، ١٨٧٢ ، ١٨٧٤ ، ١٨٧٦ ، ١٨٧٨ ، ١٨٨٠ ، ١٨٨٢ ، ١٨٨٤ ، ١٨٨٦ ، ١٨٨٨ ، ١٨٩٠ ، ١٨٩٢ ، ١٨٩٤ ، ١٨٩٦ ، ١٨٩٨ ، ١٩٠٠ ، ١٩٠٢ ، ١٩٠٤ ، ١٩٠٦ ، ١٩٠٨ ، ١٩١٠ ، ١٩١٢ ، ١٩١٤ ، ١٩١٦ ، ١٩١٨ ، ١٩٢٠ ، ١٩٢٢ ، ١٩٢٤ ، ١٩٢٦ ، ١٩٢٨ ، ١٩٣٠ ، ١٩٣٢ ، ١٩٣٤ ، ١٩٣٦ ، ١٩٣٨ ، ١٩٤٠ ، ١٩٤٢ ، ١٩٤٤ ، ١٩٤٦ ، ١٩٤٨ ، ١٩٥٠ ، ١٩٥٢ ، ١٩٥٤ ، ١٩٥٦ ، ١٩٥٨ ، ١٩٦٠ ، ١٩٦٢ ، ١٩٦٤ ، ١٩٦٦ ، ١٩٦٨ ، ١٩٧٠ ، ١٩٧٢ ، ١٩٧٤ ، ١٩٧٦ ، ١٩٧٨ ، ١٩٨٠ ، ١٩٨٢ ، ١٩٨٤ ، ١٩٨٦ ، ١٩٨٨ ، ١٩٩٠ ، ١٩٩٢ ، ١٩٩٤ ، ١٩٩٦ ، ١٩٩٨ ، ٢٠٠٠ ، ٢٠٠٢ ، ٢٠٠٤ ، ٢٠٠٦ ، ٢٠٠٨ ، ٢٠١٠ ، ٢٠١٢ ، ٢٠١٤ ، ٢٠١٦ ، ٢٠١٨ ، ٢٠٢٠ ، ٢٠٢٢ ، ٢٠٢٤ ، ٢٠٢٦ ، ٢٠٢٨ ، ٢٠٣٠ ، ٢٠٣٢ ، ٢٠٣٤ ، ٢٠٣٦ ، ٢٠٣٨ ، ٢٠٤٠ ، ٢٠٤٢ ، ٢٠٤٤ ، ٢٠٤٦ ، ٢٠٤٨ ، ٢٠٥٠ ، ٢٠٥٢ ، ٢٠٥٤ ، ٢٠٥٦ ، ٢٠٥٨ ، ٢٠٦٠ ، ٢٠٦٢ ، ٢٠٦٤ ، ٢٠٦٦ ، ٢٠٦٨ ، ٢٠٧٠ ، ٢٠٧٢ ، ٢٠٧٤ ، ٢٠٧٦ ، ٢٠٧٨ ، ٢٠٨٠ ، ٢٠٨٢ ، ٢٠٨٤ ، ٢٠٨٦ ، ٢٠٨٨ ، ٢٠٩٠ ، ٢٠٩٢ ، ٢٠٩٤ ، ٢٠٩٦ ، ٢٠٩٨ ، ٢١٠٠ ، ٢١٠٢ ، ٢١٠٤ ، ٢١٠٦ ، ٢١٠٨ ، ٢١١٠ ، ٢١١٢ ، ٢١١٤ ، ٢١١٦ ، ٢١١٨ ، ٢١٢٠ ، ٢١٢٢ ، ٢١٢٤ ، ٢١٢٦ ، ٢١٢٨ ، ٢١٣٠ ، ٢١٣٢ ، ٢١٣٤ ، ٢١٣٦ ، ٢١٣٨ ، ٢١٤٠ ، ٢١٤٢ ، ٢١٤٤ ، ٢١٤٦ ، ٢١٤٨ ، ٢١٥٠ ، ٢١٥٢ ، ٢١٥٤ ، ٢١٥٦ ، ٢١٥٨ ، ٢١٦٠ ، ٢١٦٢ ، ٢١٦٤ ، ٢١٦٦ ، ٢١٦٨ ، ٢١٧٠ ، ٢١٧٢ ، ٢١٧٤ ، ٢١٧٦ ، ٢١٧٨ ، ٢١٨٠ ، ٢١٨٢ ، ٢١٨٤ ، ٢١٨٦ ، ٢١٨٨ ، ٢١٩٠ ، ٢١٩٢ ، ٢١٩٤ ، ٢١٩٦ ، ٢١٩٨ ، ٢٢٠٠ ، ٢٢٠٢ ، ٢٢٠٤ ، ٢٢٠٦ ، ٢٢٠٨ ، ٢٢١٠ ، ٢٢١٢ ، ٢٢١٤ ، ٢٢١٦ ، ٢٢١٨ ، ٢٢٢٠ ، ٢٢٢٢ ، ٢٢٢٤ ، ٢٢٢٦ ، ٢٢٢٨ ، ٢٢٣٠ ، ٢٢٣٢ ، ٢٢٣٤ ، ٢٢٣٦ ، ٢٢٣٨ ، ٢٢٤٠ ، ٢٢٤٢ ، ٢٢٤٤ ، ٢٢٤٦ ، ٢٢٤٨ ، ٢٢٥٠ ، ٢٢٥٢ ، ٢٢٥٤ ، ٢٢٥٦ ، ٢٢٥٨ ، ٢٢٦٠ ، ٢٢٦٢ ، ٢٢٦٤ ، ٢٢٦٦ ، ٢٢٦٨ ، ٢٢٧٠ ، ٢٢٧٢ ، ٢٢٧٤ ، ٢٢٧٦ ، ٢٢٧٨ ، ٢٢٨٠ ، ٢٢٨٢ ، ٢٢٨٤ ، ٢٢٨٦ ، ٢٢٨٨ ، ٢٢٩٠ ، ٢٢٩٢ ، ٢٢٩٤ ، ٢٢٩٦ ، ٢٢٩٨ ، ٢٣٠٠ ، ٢٣٠٢ ، ٢٣٠٤ ، ٢٣٠٦ ، ٢٣٠٨ ، ٢٣١٠ ، ٢٣١٢ ، ٢٣١٤ ، ٢٣١٦ ، ٢٣١٨ ، ٢٣٢٠ ، ٢٣٢٢ ، ٢٣٢٤ ، ٢٣٢٦ ، ٢٣٢٨ ، ٢٣٣٠ ، ٢٣٣٢ ، ٢٣٣٤ ، ٢٣٣٦ ، ٢٣٣٨ ، ٢٣٤٠ ، ٢٣٤٢ ، ٢٣٤٤ ، ٢٣٤٦ ، ٢٣٤٨ ، ٢٣٥٠ ، ٢٣٥٢ ، ٢٣٥٤ ، ٢٣٥٦ ، ٢٣٥٨ ، ٢٣٦٠ ، ٢٣٦٢ ، ٢٣٦٤ ، ٢٣٦٦ ، ٢٣٦٨ ، ٢٣٧٠ ، ٢٣٧٢ ، ٢٣٧٤ ، ٢٣٧٦ ، ٢٣٧٨ ، ٢٣٨٠ ، ٢٣٨٢ ، ٢٣٨٤ ، ٢٣٨٦ ، ٢٣٨٨ ، ٢٣٩٠ ، ٢٣٩٢ ، ٢٣٩٤ ، ٢٣٩٦ ، ٢٣٩٨ ، ٢٤٠٠ ، ٢٤٠٢ ، ٢٤٠٤ ، ٢٤٠٦ ، ٢٤٠٨ ، ٢٤١٠ ، ٢٤١٢ ، ٢٤١٤ ، ٢٤١٦ ، ٢٤١٨ ، ٢٤٢٠ ، ٢٤٢٢ ، ٢٤٢٤ ، ٢٤٢٦ ، ٢٤٢٨ ، ٢٤٣٠ ، ٢٤٣٢ ، ٢٤٣٤ ، ٢٤٣٦ ، ٢٤٣٨ ، ٢٤٤٠ ، ٢٤٤٢ ، ٢٤٤٤ ، ٢٤٤٦ ، ٢٤٤٨ ، ٢٤٥٠ ، ٢٤٥٢ ، ٢٤٥٤ ، ٢٤٥٦ ، ٢٤٥٨ ، ٢٤٦٠ ، ٢٤٦٢ ، ٢٤٦٤ ، ٢٤٦٦ ، ٢٤٦٨ ، ٢٤٧٠ ، ٢٤٧٢ ، ٢٤٧٤ ، ٢٤٧٦ ، ٢٤٧٨ ، ٢٤٨٠ ، ٢٤٨٢ ، ٢٤٨٤ ، ٢٤٨٦ ، ٢٤٨٨ ، ٢٤٩٠ ، ٢٤٩٢ ، ٢٤٩٤ ، ٢٤٩٦ ، ٢٤٩٨ ، ٢٥٠٠ ، ٢٥٠٢ ، ٢٥٠٤ ، ٢٥٠٦ ، ٢٥٠٨ ، ٢٥١٠ ، ٢٥١٢ ، ٢٥١٤ ، ٢٥١٦ ، ٢٥١٨ ، ٢٥٢٠ ، ٢٥٢٢ ، ٢٥٢٤ ، ٢٥٢٦ ، ٢٥٢٨ ، ٢٥٣٠ ، ٢٥٣٢ ، ٢٥٣٤ ، ٢٥٣٦ ، ٢٥٣٨ ، ٢٥٤٠ ، ٢٥٤٢ ، ٢٥٤٤ ، ٢٥٤٦ ، ٢٥٤٨ ، ٢٥٥٠ ، ٢٥٥٢ ، ٢٥٥٤ ، ٢٥٥٦ ، ٢٥٥٨ ، ٢٥٦٠ ، ٢٥٦٢ ، ٢٥٦٤ ، ٢٥٦٦ ، ٢٥٦٨ ، ٢٥٧٠ ، ٢٥٧٢ ، ٢٥٧٤ ، ٢٥٧٦ ، ٢٥٧٨ ، ٢٥٨٠ ، ٢٥٨٢ ، ٢٥٨٤ ، ٢٥٨٦ ، ٢٥٨٨ ، ٢٥٩٠ ، ٢٥٩٢ ، ٢٥٩٤ ، ٢٥٩٦ ، ٢٥٩٨ ، ٢٦٠٠ ، ٢٦٠٢ ، ٢٦٠٤ ، ٢٦٠٦ ، ٢٦٠٨ ، ٢٦١٠ ، ٢٦١٢ ، ٢٦١٤ ، ٢٦١٦ ، ٢٦١٨ ، ٢٦٢٠ ، ٢٦٢٢ ، ٢٦٢٤ ، ٢٦٢٦ ، ٢٦٢٨ ، ٢٦٣٠ ، ٢٦٣٢ ، ٢٦٣٤ ، ٢٦٣٦ ، ٢٦٣٨ ، ٢٦٤٠ ، ٢٦٤٢ ، ٢٦٤٤ ، ٢٦٤٦ ، ٢٦٤٨ ، ٢٦٥٠ ، ٢٦٥٢ ، ٢٦٥٤ ، ٢٦٥٦ ، ٢٦٥٨ ، ٢٦٦٠ ، ٢٦٦٢ ، ٢٦٦٤ ، ٢٦٦٦ ، ٢٦٦٨ ، ٢٦٧٠ ، ٢٦٧٢ ، ٢٦٧٤ ، ٢٦٧٦ ، ٢٦٧٨ ، ٢٦٨٠ ، ٢٦٨٢ ، ٢٦٨٤ ، ٢٦٨٦ ، ٢٦٨٨ ، ٢٦٩٠ ، ٢٦٩٢ ، ٢٦٩٤ ، ٢٦٩٦ ، ٢٦٩٨ ، ٢٧٠٠ ، ٢٧٠٢ ، ٢٧٠٤ ، ٢٧٠٦ ، ٢٧٠٨ ، ٢٧١٠ ، ٢٧١٢ ، ٢٧١٤ ، ٢٧١٦ ، ٢٧١٨ ، ٢٧٢٠ ، ٢٧٢٢ ، ٢٧٢٤ ، ٢٧٢٦ ، ٢٧٢٨ ، ٢٧٣٠ ، ٢٧٣٢ ، ٢٧٣٤ ، ٢٧٣٦ ، ٢٧٣٨ ، ٢٧٤٠ ، ٢٧٤٢ ، ٢٧٤٤ ، ٢٧٤٦ ، ٢٧٤٨ ، ٢٧٥٠ ، ٢٧٥٢ ، ٢٧٥٤ ، ٢٧٥٦ ، ٢٧٥٨ ، ٢٧٦٠ ، ٢٧٦٢ ، ٢٧٦٤ ، ٢٧٦٦ ، ٢٧٦٨ ، ٢٧٧٠ ، ٢٧٧٢ ، ٢٧٧٤ ، ٢٧٧٦ ، ٢٧٧٨ ، ٢٧٨٠ ، ٢٧٨٢ ، ٢٧٨٤ ، ٢٧٨٦ ، ٢٧٨٨ ، ٢٧٩٠ ، ٢٧٩٢ ، ٢٧٩٤ ، ٢٧٩٦ ، ٢٧٩٨ ، ٢٨٠٠ ،

Uruguay, 39, 53
Usoy, Harold, 182
U.S. Weather Bureau 62

Ussher, James, Archbishop, 28
Utah-Wyoming region, 47, 58, 59, 62, 67
Water balance, 13
Wright brothers, 110
Wyoming, 49-1, 62-3, 78-4, 108-9
  erosion by, 109, 110-19

Wagner, Alfred, 58, 59
Waterberg, 109, 110, Chemical, 109-10, 182-3, environmental, 109. See also erosion
Wilkinson, 108, 109
Willamette, meanders, 39
Williams, gallon, 109
Yosemite Valley, 109
Yugoslavia, 63
Yellowstone National Park, 51, 52, 53
Zion, 108, 171, national, 109
Waldseemüller ocean system, 109
  Wyoming Basin, 59, 62
Water, rainfall and evaporation cycle, 84, 109, circulation by, 109-3, geological of, 172, source of, 62, underground, 109
Water table, 109, 110
Water vapour, 1, atmospheric, 57, 58, 84, 59
Waterspout, 58, 60, 70

Water vessels, 71, 72, 110
Weather, 11, 60-4, 67, climate, 61, 64, 70-1, 1, control of, 165, 170, 172, fog, 73, forecasting, 66-9, 1, 83-9, 1, research on, 70-1, 1, prediction, 165, 170, 1, short descriptions of, 70, 1, 71-6, tropical, maritime, 60-4, trends, 60-1, 62-3, 75, 6

Zion National Park, 110

ورانوسي، ٦٤ ، ١٧٠
وزن ، تقرير، ١٦١
مكتب الأرصاد الجوية الأمريكية ٦٢

الأسقف جيمس، ٢٨
الأمطار الحامضية، ١٧٠
أنهار وادي، ١٧٠
الرياح، ٦٠، ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٨، ١٠٨، ١١٠، الصحراوية، ١١٠، ١١٨، ١١٩، برمجيات الرياح، ١١٩، ١١٨، ١١٩
ماشية، الجرف، ٥٨، ٥٩
الصحراء، ١٠٨، ١١٠، ١١١، ١١٢، ١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٢٠، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٥، ١٥٦، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ١٨٣، ١٨٤، ١٨٥، ١٨٦، ١٨٧، ١٨٨، ١٨٩، ١٩٠، ١٩١، ١٩٢، ١٩٣، ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢١٠، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٥، ٢١٦، ٢١٧، ٢١٨، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٥، ٢٣٦، ٢٣٧، ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٢، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥٠، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٣، ٢٦٤، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٢٧٤، ٢٧٥، ٢٧٦، ٢٧٧، ٢٧٨، ٢٧٩، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٠٨، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١١، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٥، ٣٢٦، ٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٢، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥١، ٣٥٢، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٥٩، ٣٦٠، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٥، ٣٦٦، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠١، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٦، ٤٠٧، ٤٠٨، ٤٠٩، ٤١٠، ٤١١، ٤١٢، ٤١٣، ٤١٤، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٥، ٤٢٦، ٤٢٧، ٤٢٨، ٤٢٩، ٤٣٠، ٤٣١، ٤٣٢، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٥، ٤٣٦، ٤٣٧، ٤٣٨، ٤٣٩، ٤٤٠، ٤٤١، ٤٤٢، ٤٤٣، ٤٤٤، ٤٤٥، ٤٤٦، ٤٤٧، ٤٤٨، ٤٤٩، ٤٥٠، ٤٥١، ٤٥٢، ٤٥٣، ٤٥٤، ٤٥٥، ٤٥٦، ٤٥٧، ٤٥٨، ٤٥٩، ٤٦٠، ٤٦١، ٤٦٢، ٤٦٣، ٤٦٤، ٤٦٥، ٤٦٦، ٤٦٧، ٤٦٨، ٤٦٩، ٤٧٠، ٤٧١، ٤٧٢، ٤٧٣، ٤٧٤، ٤٧٥، ٤٧٦، ٤٧٧، ٤٧٨، ٤٧٩، ٤٨٠، ٤٨١، ٤٨٢، ٤٨٣، ٤٨٤، ٤٨٥، ٤٨٦، ٤٨٧، ٤٨٨، ٤٨٩، ٤٩٠، ٤٩١، ٤٩٢، ٤٩٣، ٤٩٤، ٤٩٥، ٤٩٦، ٤٩٧، ٤٩٨، ٤٩٩، ٥٠٠، ٥٠١، ٥٠٢، ٥٠٣، ٥٠٤، ٥٠٥، ٥٠٦، ٥٠٧، ٥٠٨، ٥٠٩، ٥١٠، ٥١١، ٥١٢، ٥١٣، ٥١٤، ٥١٥، ٥١٦، ٥١٧، ٥١٨، ٥١٩، ٥٢٠، ٥٢١، ٥٢٢، ٥٢٣، ٥٢٤، ٥٢٥، ٥٢٦، ٥٢٧، ٥٢٨، ٥٢٩، ٥٣٠، ٥٣١، ٥٣٢، ٥٣٣، ٥٣٤، ٥٣٥، ٥٣٦، ٥٣٧، ٥٣٨، ٥٣٩، ٥٤٠، ٥٤١، ٥٤٢، ٥٤٣، ٥٤٤، ٥٤٥، ٥٤٦، ٥٤٧، ٥٤٨، ٥٤٩، ٥٥٠، ٥٥١، ٥٥٢، ٥٥٣، ٥٥٤، ٥٥٥، ٥٥٦، ٥٥٧، ٥٥٨، ٥٥٩، ٥٦٠، ٥٦١، ٥٦٢، ٥٦٣، ٥٦٤، ٥٦٥، ٥٦٦، ٥٦٧، ٥٦٨، ٥٦٩، ٥٧٠، ٥٧١، ٥٧٢، ٥٧٣، ٥٧٤، ٥٧٥، ٥٧٦، ٥٧٧، ٥٧٨، ٥٧٩، ٥٨٠، ٥٨١، ٥٨٢، ٥٨٣، ٥٨٤، ٥٨٥، ٥٨٦، ٥٨٧، ٥٨٨، ٥٨٩، ٥٩٠، ٥٩١، ٥٩٢، ٥٩٣، ٥٩٤، ٥٩٥، ٥٩٦، ٥٩٧، ٥٩٨، ٥٩٩، ٦٠٠، ٦٠١، ٦٠٢، ٦٠٣، ٦٠٤، ٦٠٥، ٦٠٦، ٦٠٧، ٦٠٨، ٦٠٩، ٦١٠، ٦١١، ٦١٢، ٦١٣، ٦١٤، ٦١٥، ٦١٦، ٦١٧، ٦١٨، ٦١٩، ٦٢٠، ٦٢١، ٦٢٢، ٦٢٣، ٦٢٤، ٦٢٥، ٦٢٦، ٦٢٧، ٦٢٨، ٦٢٩، ٦٣٠، ٦٣١، ٦٣٢، ٦٣٣، ٦٣٤، ٦٣٥، ٦٣٦، ٦٣٧، ٦٣٨، ٦٣٩، ٦٤٠، ٦٤١، ٦٤٢، ٦٤٣، ٦٤٤، ٦٤٥، ٦٤٦، ٦٤٧، ٦٤٨، ٦٤٩، ٦٥٠، ٦٥١، ٦٥٢، ٦٥٣، ٦٥٤، ٦٥٥، ٦٥٦، ٦٥٧، ٦٥٨، ٦٥٩، ٦٦٠، ٦٦١، ٦٦٢، ٦٦٣، ٦٦٤، ٦٦٥، ٦٦٦، ٦٦٧، ٦٦٨، ٦٦٩، ٦٧٠، ٦٧١، ٦٧٢، ٦٧٣، ٦٧٤، ٦٧٥، ٦٧٦، ٦٧٧، ٦٧٨، ٦٧٩، ٦٨٠، ٦٨١، ٦٨٢، ٦٨٣، ٦٨٤، ٦٨٥، ٦٨٦، ٦٨٧، ٦٨٨، ٦٨٩، ٦٩٠، ٦٩١، ٦٩٢، ٦٩٣، ٦٩٤، ٦٩٥، ٦٩٦، ٦٩٧، ٦٩٨، ٦٩٩، ٧٠٠، ٧٠١، ٧٠٢، ٧٠٣، ٧٠٤، ٧٠٥، ٧٠٦، ٧٠٧، ٧٠٨، ٧٠٩، ٧١٠، ٧١١، ٧١٢، ٧١٣، ٧١٤، ٧١٥، ٧١٦، ٧١٧، ٧١٨، ٧١٩، ٧٢٠، ٧٢١، ٧٢٢، ٧٢٣، ٧٢٤، ٧٢٥، ٧٢٦، ٧٢٧، ٧٢٨، ٧٢٩، ٧٣٠، ٧٣١، ٧٣٢، ٧٣٣، ٧٣٤، ٧٣٥، ٧٣٦، ٧٣٧، ٧٣٨، ٧٣٩، ٧٤٠، ٧٤١، ٧٤٢، ٧٤٣، ٧٤٤، ٧٤٥، ٧٤٦، ٧٤٧، ٧٤٨، ٧٤٩، ٧٥٠، ٧٥١، ٧٥٢، ٧٥٣، ٧٥٤، ٧٥٥، ٧٥٦، ٧٥٧، ٧٥٨، ٧٥٩، ٧٦٠، ٧٦١، ٧٦٢، ٧٦٣، ٧٦٤، ٧٦٥، ٧٦٦، ٧٦٧، ٧٦٨، ٧٦٩، ٧٧٠، ٧٧١، ٧٧٢، ٧٧٣، ٧٧٤، ٧٧٥، ٧٧٦، ٧٧٧، ٧٧٨، ٧٧٩، ٧٨٠، ٧٨١، ٧٨٢، ٧٨٣، ٧٨٤، ٧٨٥، ٧٨٦، ٧٨٧، ٧٨٨، ٧٨٩، ٧٩٠، ٧٩١، ٧٩٢، ٧٩٣، ٧٩٤، ٧٩٥، ٧٩٦، ٧٩٧، ٧٩٨، ٧٩٩، ٨٠٠، ٨٠١، ٨٠٢، ٨٠٣، ٨٠٤، ٨٠٥، ٨٠٦، ٨٠٧، ٨٠٨، ٨٠٩، ٨١٠، ٨١١، ٨١٢، ٨١٣، ٨١٤، ٨١٥، ٨١٦، ٨١٧، ٨١٨، ٨١٩، ٨٢٠، ٨٢١، ٨٢٢، ٨٢٣، ٨٢٤، ٨٢٥، ٨٢٦، ٨٢٧، ٨٢٨، ٨٢٩، ٨٣٠، ٨٣١، ٨٣٢، ٨٣٣، ٨٣٤، ٨٣٥، ٨٣٦، ٨٣٧، ٨٣٨، ٨٣٩، ٨٤٠، ٨٤١، ٨٤٢، ٨٤٣، ٨٤٤، ٨٤٥، ٨٤٦، ٨٤٧، ٨٤٨، ٨٤٩، ٨٥٠، ٨٥١، ٨٥٢، ٨٥٣، ٨٥٤، ٨٥٥، ٨٥٦، ٨٥٧، ٨٥٨، ٨٥٩، ٨٦٠، ٨٦١، ٨٦٢، ٨٦٣، ٨٦٤، ٨٦٥، ٨٦٦، ٨٦٧، ٨٦٨، ٨٦٩، ٨٧٠، ٨٧١، ٨٧٢، ٨٧٣، ٨٧٤، ٨٧٥، ٨٧٦، ٨٧٧، ٨٧٨، ٨٧٩، ٨٨٠، ٨٨١، ٨٨٢، ٨٨٣، ٨٨٤، ٨٨٥، ٨٨٦، ٨٨٧، ٨٨٨، ٨٨٩، ٨٩٠، ٨٩١، ٨٩٢، ٨٩٣، ٨٩٤، ٨٩٥، ٨٩٦، ٨٩٧، ٨٩٨، ٨٩٩، ٩٠٠، ٩٠١، ٩٠٢، ٩٠٣، ٩٠٤، ٩٠٥، ٩٠٦، ٩٠٧، ٩٠٨، ٩٠٩، ٩١٠، ٩١١، ٩١٢، ٩١٣، ٩١٤، ٩١٥، ٩١٦، ٩١٧، ٩١٨، ٩١٩، ٩٢٠، ٩٢١، ٩٢٢، ٩٢٣، ٩٢٤، ٩٢٥، ٩٢٦، ٩٢٧، ٩٢٨، ٩٢٩، ٩٣٠، ٩٣١، ٩٣٢، ٩٣٣، ٩٣٤، ٩٣٥، ٩٣٦، ٩٣٧، ٩٣٨، ٩٣٩، ٩٤٠، ٩٤١، ٩٤٢، ٩٤٣، ٩٤٤، ٩٤٥، ٩٤٦، ٩٤٧، ٩٤٨، ٩٤٩، ٩٥٠، ٩٥١، ٩٥٢، ٩٥٣، ٩٥٤، ٩٥٥، ٩٥٦، ٩٥٧، ٩٥٨، ٩٥٩، ٩٦٠، ٩٦١، ٩٦٢، ٩٦٣، ٩٦٤، ٩٦٥، ٩٦٦، ٩٦٧، ٩٦٨، ٩٦٩، ٩٧٠، ٩٧١، ٩٧٢، ٩٧٣، ٩٧٤، ٩٧٥، ٩٧٦، ٩٧٧، ٩٧٨، ٩٧٩، ٩٨٠، ٩٨١، ٩٨٢، ٩٨٣، ٩٨٤، ٩٨٥، ٩٨٦، ٩٨٧، ٩٨٨، ٩٨٩، ٩٩٠، ٩٩١، ٩٩٢، ٩٩٣، ٩٩٤، ٩٩٥، ٩٩٦، ٩٩٧، ٩٩٨، ٩٩٩، ١٠٠٠

Trade winds, 11, 60, 65
Trees, Carboniferous, 127, 130, Cretaceous, 137, Devonian, 132, Miocene forest, 143

Tibesti period, 135, 137
Trenches, 126, 132, 139, 144
Tropopause, 58
Troposphere, 58, 60, 61, 67
Tsaplan sea, 105, 113
Typhoons, 63, 71
Tyrrhenosaurus, 139
Thomas, 179, 181
Yoga, 10, 11
Valleys, sinking of, 107-8
Van Allen, Dennis, 39
Van Allen radiation belt, 11, 19-21, See also Magnetosphere
Van Loon, Hendrik, 137
Vandalism, 112
Vaughan, Heather, 11
Vazquez Abeytegui, 64
Venus, 53, 39, 57, 65, 69, Lowland, 142
Verlaine, 134, Fred of Spain, 137-8, Iron Curtain, 135, 137, Moscow, 137, 139, 9, Palestine, 136, 137
Vetrova Island, 138-9
Vienna, 139-1
Volcanic rocks, 88, 89-1
Volcanoes, 49-3, 86, 93, 95, in North America, Lake, 108, 137
Vonnegut, Bernard, 179
United States, coal deposits in, 89, earth quakes in, 89, 9, map, 49, 93-3, fall of meteorites on, 93, iron deposits in, 108, mineral deposits in, 173, uranium deposits in, 89-9, Water resources of, 173, map, 176-9, weather features of, 61, 62, 70, 71, 175, See also North America
Uranium, 14, 35, 149
Uranium, 42, 91, 99, 143, dating, 143, energy panel of, 179, processing, 91, 143, refining, 99, resources, 99, 113, 177

رياح تجارية أو تجارية، ١١، ١٦٠، ١٦٢
كرستين، أورسولي، تيسير، ١٧٢
مجرة، سوسن، أسطوري، ١٧٢

الفسر الزلزالي، ١٢٦، ١٢٧
جيولوجيا، ١٢٦، ١٢٨، ١٤٤، ١٤٥
جراوتوبور، ٥٨
جراوتسكي، ٥٨، ٦٠، ٦١، ٦٢
مجلس علم، ١٠١، ١١٥
مجلس، ٦٢، ٦٨
الطقس، ١٧٦
مكارثي، ١٧٠، ١٧١
الفسر الزلزالي، جهاز، ١٢، ١٤
وكالة، مشكل الوكالة، ٧، ١٠٨
ملك أبي حسين، ٢
مجلس جيولوجي، أجهزة الفسر، على الأرض، ١١، ١١٠، ١١٥
الفسر الزلزالي، ١٢، ٢٦، ٢٧، ١٤٠، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٠، ١٥١، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٥٥، ١٥٦، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١، ١٧٢، ١٧٣، ١٧٤، ١٧٥، ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ١٨٠، ١٨١، ١٨٢، ١٨٣، ١٨٤، ١٨٥، ١٨٦، ١٨٧، ١٨٨، ١٨٩، ١٩٠، ١٩١، ١٩٢، ١٩٣، ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣، ٢٠٤، ٢٠٥، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢١٠، ٢١١، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٤، ٢١٥، ٢١٦، ٢١٧، ٢١٨، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢١، ٢٢٢، ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣١، ٢٣٢، ٢٣٣، ٢٣٤، ٢٣٥، ٢٣٦، ٢٣٧، ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٠، ٢٤١، ٢٤٢، ٢٤٣، ٢٤٤، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧، ٢٤٨، ٢٤٩، ٢٥٠، ٢٥١، ٢٥٢، ٢٥٣، ٢٥٤، ٢٥٥، ٢٥٦، ٢٥٧، ٢٥٨، ٢٥٩، ٢٦٠، ٢٦١، ٢٦٢، ٢٦٣، ٢٦٤، ٢٦٥، ٢٦٦، ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٦٩، ٢٧٠، ٢٧١، ٢٧٢، ٢٧٣، ٢٧٤، ٢٧٥، ٢٧٦، ٢٧٧، ٢٧٨، ٢٧٩، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٠٨، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١١، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٥، ٣٢٦، ٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٢، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥١، ٣٥٢، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٥٩، ٣٦٠، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٥، ٣٦٦، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠١، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٦، ٤٠٧، ٤٠٨، ٤٠٩، ٤١٠، ٤١١، ٤١٢، ٤١٣، ٤١٤، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٥، ٤٢٦، ٤٢٧، ٤٢٨، ٤٢٩، ٤٣٠، ٤٣١، ٤٣٢، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٥، ٤٣٦، ٤٣٧، ٤٣٨، ٤٣٩، ٤٤٠، ٤٤١، ٤٤٢، ٤٤٣، ٤٤٤، ٤٤٥، ٤٤٦، ٤٤٧، ٤٤٨، ٤٤٩، ٤٥٠، ٤٥١، ٤٥٢، ٤٥٣، ٤٥٤، ٤٥٥، ٤٥٦، ٤٥٧، ٤٥٨، ٤٥٩، ٤٦٠، ٤٦١، ٤٦٢، ٤٦٣، ٤٦٤، ٤٦٥، ٤٦٦، ٤٦٧، ٤٦٨، ٤٦٩، ٤٧٠، ٤٧١، ٤٧٢، ٤٧٣، ٤٧٤، ٤٧٥، ٤٧٦، ٤٧٧، ٤٧٨، ٤٧٩، ٤٨٠، ٤٨١، ٤٨٢، ٤٨٣، ٤٨٤، ٤٨٥، ٤٨٦، ٤٨٧، ٤٨٨، ٤٨٩، ٤٩٠، ٤٩١، ٤٩٢، ٤٩٣، ٤٩٤، ٤٩٥، ٤٩٦، ٤٩٧، ٤٩٨، ٤٩٩، ٥٠٠، ٥٠١، ٥٠٢، ٥٠٣، ٥٠٤، ٥٠٥، ٥٠٦، ٥٠٧، ٥٠٨، ٥٠٩، ٥١٠، ٥١١، ٥١٢، ٥١٣، ٥١٤، ٥١٥، ٥١٦، ٥١٧، ٥١٨، ٥١٩، ٥٢٠، ٥٢١، ٥٢٢، ٥٢٣، ٥٢٤، ٥٢٥، ٥٢٦، ٥٢٧، ٥٢٨، ٥٢٩، ٥٣٠، ٥٣١، ٥٣٢، ٥٣٣، ٥٣٤، ٥٣٥، ٥٣٦، ٥٣٧، ٥٣٨، ٥٣٩، ٥٤٠، ٥٤١، ٥٤٢، ٥٤٣، ٥٤٤، ٥٤٥، ٥٤٦، ٥٤٧، ٥٤٨، ٥٤٩، ٥٥٠، ٥٥١، ٥٥٢، ٥٥٣، ٥٥٤، ٥٥٥، ٥٥٦، ٥٥٧، ٥٥٨، ٥٥٩، ٥٦٠، ٥٦١، ٥٦٢، ٥٦٣، ٥٦٤، ٥٦٥، ٥٦٦، ٥٦٧، ٥٦٨، ٥٦٩، ٥٧٠، ٥٧١، ٥٧٢، ٥٧٣، ٥٧٤، ٥٧٥، ٥٧٦، ٥٧٧، ٥٧٨، ٥٧٩، ٥٨٠، ٥٨١، ٥٨٢، ٥٨٣، ٥٨٤، ٥٨٥، ٥٨٦، ٥٨٧، ٥٨٨، ٥٨٩، ٥٩٠، ٥٩١، ٥٩٢، ٥٩٣، ٥٩٤، ٥٩٥، ٥٩٦، ٥٩٧، ٥٩٨، ٥٩٩، ٦٠٠، ٦٠١، ٦٠٢، ٦٠٣، ٦٠٤، ٦٠٥، ٦٠٦، ٦٠٧، ٦٠٨، ٦٠٩، ٦١٠، ٦١١، ٦١٢، ٦١٣، ٦١٤، ٦١٥، ٦١٦، ٦١٧، ٦١٨، ٦١٩، ٦٢٠، ٦٢١، ٦٢٢، ٦٢٣، ٦٢٤، ٦٢٥، ٦٢٦، ٦٢٧، ٦٢٨، ٦٢٩، ٦٣٠، ٦٣١، ٦٣٢، ٦٣٣، ٦٣٤، ٦٣٥، ٦٣٦، ٦٣٧، ٦٣٨، ٦٣٩، ٦٤٠، ٦٤١، ٦٤٢، ٦٤٣، ٦٤٤، ٦٤٥، ٦٤٦، ٦٤٧، ٦٤٨، ٦٤٩، ٦٥٠، ٦٥١، ٦٥٢، ٦٥٣، ٦٥٤، ٦٥٥، ٦٥٦، ٦٥٧، ٦٥٨، ٦٥٩، ٦٦٠، ٦٦١، ٦٦٢، ٦٦٣، ٦٦٤، ٦٦٥، ٦٦٦، ٦٦٧، ٦٦٨، ٦٦٩، ٦٧٠، ٦٧١، ٦٧٢، ٦٧٣، ٦٧٤، ٦٧٥، ٦٧٦، ٦٧٧، ٦٧٨، ٦٧٩، ٦٨٠، ٦٨١، ٦٨٢، ٦٨٣، ٦٨٤، ٦٨٥، ٦٨٦، ٦٨٧، ٦٨٨، ٦٨٩، ٦٩٠، ٦٩١، ٦٩٢، ٦٩٣، ٦٩٤، ٦٩٥، ٦٩٦، ٦٩٧، ٦٩٨، ٦٩٩، ٧٠٠، ٧٠١، ٧٠٢، ٧٠٣، ٧٠٤، ٧٠٥، ٧٠٦، ٧٠٧، ٧٠٨، ٧٠٩، ٧١٠، ٧١١، ٧١٢، ٧١٣، ٧١٤، ٧١٥، ٧١٦، ٧١٧، ٧١٨، ٧١٩، ٧٢٠، ٧٢١، ٧٢٢، ٧٢٣، ٧٢٤، ٧٢٥، ٧٢٦، ٧٢٧، ٧٢٨، ٧٢٩، ٧٣٠، ٧٣١، ٧٣٢، ٧٣٣، ٧٣٤، ٧٣٥، ٧٣٦، ٧٣٧، ٧٣٨، ٧٣٩، ٧٤٠، ٧٤١، ٧٤٢، ٧٤٣، ٧٤٤، ٧٤٥، ٧٤٦، ٧٤٧، ٧٤٨، ٧٤٩، ٧٥٠، ٧٥١، ٧٥٢، ٧٥٣، ٧٥٤، ٧٥٥، ٧٥٦، ٧٥٧، ٧٥٨، ٧٥٩، ٧٦٠، ٧٦١، ٧٦٢، ٧٦٣، ٧٦٤، ٧٦٥، ٧٦٦، ٧٦٧، ٧٦٨، ٧٦٩، ٧٧٠، ٧٧١، ٧٧٢، ٧٧٣، ٧٧٤، ٧٧٥، ٧٧٦، ٧٧٧، ٧٧٨، ٧٧٩، ٧٨٠، ٧٨١، ٧٨٢، ٧٨٣، ٧٨٤، ٧٨٥، ٧٨٦، ٧٨٧، ٧٨٨، ٧٨٩، ٧٩٠، ٧٩١، ٧٩٢، ٧٩٣، ٧٩٤، ٧٩٥، ٧٩٦، ٧٩٧، ٧٩٨، ٧٩٩، ٨٠٠، ٨٠١، ٨٠٢، ٨٠٣، ٨٠٤، ٨٠٥، ٨٠٦، ٨٠٧، ٨٠٨، ٨٠٩، ٨١٠، ٨١١، ٨١٢، ٨١٣، ٨١٤، ٨١٥، ٨١٦، ٨١٧، ٨١٨، ٨١٩، ٨٢٠، ٨٢١، ٨٢٢، ٨٢٣، ٨٢٤، ٨٢٥، ٨٢٦، ٨٢٧، ٨٢٨، ٨٢٩، ٨٣٠، ٨٣١، ٨٣٢، ٨٣٣، ٨٣٤، ٨٣٥، ٨٣٦، ٨٣٧، ٨٣٨، ٨٣٩، ٨٤٠، ٨٤١، ٨٤٢، ٨٤٣، ٨٤٤، ٨٤٥، ٨٤٦، ٨٤٧، ٨٤٨، ٨٤٩، ٨٥٠، ٨٥١، ٨٥٢، ٨٥٣، ٨٥٤، ٨٥٥، ٨٥٦، ٨٥٧، ٨٥٨، ٨٥٩، ٨٦٠، ٨٦١، ٨٦٢، ٨٦٣، ٨٦٤، ٨٦٥، ٨٦٦، ٨٦٧، ٨٦٨، ٨٦٩، ٨٧٠، ٨٧١، ٨٧٢، ٨٧٣، ٨٧٤، ٨٧٥، ٨٧٦، ٨٧٧، ٨٧٨، ٨٧٩، ٨٨٠، ٨٨١، ٨٨٢، ٨٨٣، ٨٨٤، ٨٨٥، ٨٨٦، ٨٨٧، ٨٨٨، ٨٨٩، ٨٩٠، ٨٩١، ٨٩٢، ٨٩٣، ٨٩٤، ٨٩٥، ٨٩٦، ٨٩٧، ٨٩٨، ٨٩٩، ٩٠٠، ٩٠١، ٩٠٢، ٩٠٣، ٩٠٤، ٩٠٥، ٩٠٦، ٩٠٧، ٩٠٨، ٩٠٩، ٩١٠، ٩١١، ٩١٢، ٩١٣، ٩١٤، ٩١٥، ٩١٦، ٩١٧، ٩١٨، ٩١٩، ٩٢٠، ٩٢١، ٩٢٢، ٩٢٣، ٩٢٤، ٩٢٥، ٩٢٦، ٩٢٧، ٩٢٨، ٩٢٩، ٩٣٠، ٩٣١، ٩٣٢، ٩٣٣، ٩٣٤، ٩٣٥، ٩٣٦، ٩٣٧، ٩٣٨، ٩٣٩، ٩٤٠، ٩٤١، ٩٤٢، ٩٤٣، ٩٤٤، ٩٤٥، ٩٤٦، ٩٤٧، ٩٤٨، ٩٤٩، ٩٥٠، ٩٥١، ٩٥٢، ٩٥٣، ٩٥٤، ٩٥٥، ٩٥٦، ٩٥٧، ٩٥٨، ٩٥٩، ٩٦٠، ٩٦١، ٩٦٢، ٩٦٣، ٩٦٤، ٩٦٥، ٩٦٦، ٩٦٧، ٩٦٨، ٩٦٩، ٩٧٠، ٩٧١، ٩٧٢، ٩٧٣، ٩٧٤، ٩٧٥، ٩٧٦، ٩٧٧، ٩٧٨، ٩٧٩، ٩٨٠، ٩٨١، ٩٨٢، ٩٨٣، ٩٨٤، ٩٨٥، ٩٨٦، ٩٨٧، ٩٨٨، ٩٨٩، ٩٩٠، ٩٩١، ٩٩٢، ٩٩٣، ٩٩٤، ٩٩٥، ٩٩٦، ٩٩٧، ٩٩٨، ٩٩٩، ١٠٠٠